

**Vandet vender tilbage – en analyse af de
skovdriftsmæssige konsekvenser ved ophør med
dræning**

Water Rebound - An Analysis of Silvicultural Consequences Following
Drainage Cessation

BSc Sling23

Frederik G. B. Falk-Sørensen

mjv442

Københavns Universitet

Skovskolen

Vejleder: Thomas Nord-Larsen

15. juni 2023

Indholdsfortegnelse

1	Abstract	4
2	Forord	5
3	Indledning	6
3.1	Problemanalyse	6
3.2	Problemformulering.....	7
3.3	Projektafgrænsning	7
3.4	Metode	8
4	Vandet i skoven	9
4.1	Naturlige vandstandsforhold og deres påvirkning af træarterne	9
4.1.1	Vandkredsløb og grundvandsdannelse	9
4.1.2	Vandets indflydelse på træartsfordelingen.....	10
4.2	Grøftningens indflydelse på de skovdyrkningsmæssige forudsætninger	13
4.3	Hydrologiens påvirkning af udvalgte træarter	14
4.3.1	Vækstkrav for bøg.....	14
4.3.2	Vækstkrav for stilkeg	15
4.3.3	Vækstkrav for ær.....	16
4.3.4	Vækstkrav for rødgran	16
5	Casestudie af Nyrup Skov	18
5.1	Om undersøgelsen	18
5.2	Præsentation af caseområdet Nyrup Skov	18
5.2.1	Skovkort	19
5.2.2	Træarts- og aldersklassedeling	20
5.2.3	Vækstvilkår	21
5.3	GIS-analyse	21
5.3.1	Data	22
5.3.2	Kortlægning af arealer med produktionstab.....	23

5.4	Økonomisk analyse	25
5.4.1	Data	25
5.4.2	Beregning af produktionstab	27
5.5	Resultater	33
5.5.1	Resultater af GIS-analyse	33
5.5.2	Resultater af økonomisk analyse	35
5.6	Metodediskussion	40
5.6.1	Metodevalg i GIS-analysen	40
5.6.2	Metodevalg i den økonomiske analyse	40
6	Diskussion	42
7	Konklusion	45
8	Bibliografi	46
9	Bilag	47

1 Abstract

This bachelor thesis examines the production loss associated with discontinuing drainage in production forests. The majority of the Danish forest area has historically been drained with the aim of increasing productive land. However, as the country has become wealthier, the focus has shifted from forests as a production apparatus to forests fulfilling a multifaceted purpose, where climate, biodiversity, and recreation go hand in hand. This development can be observed in the selected case area, Nyrup Skov, where ditches have been blocked and maintenance of the existing drainage system has been halted over the past 9 years. Through a literature study, GIS analysis, and economic analysis, this project investigates the economic and silvicultural consequences of discontinuing drainage for the four dominant tree species in the forest: beech, oak, Norway spruce, and sycamore. The GIS analysis classifies the water-affected areas into three categories: areas with temporary standing water, areas directly affected by high groundwater levels, and areas indirectly affected by high groundwater levels. Based on the literature study, it is concluded that areas with temporary standing water are unsuitable for the four selected tree species, resulting in a 100% production loss. For areas directly and indirectly affected by high groundwater levels, the data obtained from the literature study is insufficient to draw clear conclusions regarding the production loss, and therefore, it is subject to some uncertainty. The economic analysis calculates the production loss as expected values for the individual species and age classes, distributed across the affected areas determined through the GIS analysis. Subsequently, the production loss is assessed relative to the total expected values for the individual species and age classes. However, due to the aforementioned areas' uncertain production loss, no definitive conclusions can be drawn from the results. Nevertheless, based on the literature study, it can be concluded that a clear production loss occurs for the four selected tree species when restoring natural hydrology. Finally, the discussion revolves around the considerations that forest owners need to make if they intend to restore natural hydrology in their forests. Factors such as topography, forest certification, and alternative drainage expenses should be taken into account in the decision-making process.

2 Forord

Denne opgave er et bachelorprojekt udført i forbindelse med uddannelsen til skov- og landskabsingeniør ved Skovskolen, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. Idéen til projektet er fremkommet gennem skovfoged Klaus Falk-Sørensens arbejde med at reetablere naturlig hydrologi i Nyrup Skov ved Sorø. Arbejderne er blevet udført på ønske af skovejeren, og der er ikke blevet taget højde for det eventuelle produktionstab ved ophøret med grøftning. Dette pirrede min interesse, og jeg besluttede med dette projekt at forsøge at kortlægge og beregne produktionstab, for fremover at kunne rådgive skovejere om sådanne arbejder på et mere oplyst grundlag.

3 Indledning

3.1 Problemanalyse

Baggrund

Jord til agerbrug og skovbrug bliver i takt med den stigende befolkningstilvækst en stadig mere knap ressource, og effektiviseringen af disse erhverv har medført, at de på verdensplan beslaglægger mere og mere areal (Jazrawi, 2016, s. 1). I Danmark ses det i skovbruget ved, at der i løbet af det 19. og 20. århundrede er blevet drænet og grøftet med det formål at øge det produktive skovareal, samt forbedre stabilitet og produktion på de eksisterende skovarealer (Møller P. F., 2000, s. 19). Især i statsskovene og på de større godser har man været grundig med dette arbejde, men i stort set alle skove hvor vandet har været en dyrkningsmæssig udfordring, er der blevet grøftet og drænet (Møller P. F., 2000, s. 17). Dræningen har i våde områder medført en forbedring af vækstvilkårene samt en øget stormstabilitet, og dermed gjort det muligt på disse arealer at dyrke mere værdifulde træarter som bøg og rødgran (Møller P. F., 2000, s. 17). I takt med at vi i Danmark er blevet rigere, er fokus dog især i statsskovene flyttet fra skovene som rent produktionsapparat til et flersidigt formål, hvor skovdrift, natur og rekreative værdi skal sameksistere (Einfeldt, 2009). Dette har bl.a. med vedtagelsen af *Danmarks Nationale Skovprogram* i 2002, hvor driften i statsskovene blev omlagt til naturnær skovdrift, betydet en reetablering af den naturlige hydrologi på ellers drænedede områder (Einfeldt, 2009).

Manglende viden

Siden den naturnære skovdrift med en tilstræbelse af naturlig hydrologi blev indført i statsskovene, har den kunstige afvandning som sagt været på retur – også i de private skove, efter tilskudsordninger til disse arbejder er bortfaldet (Møller P. F., 2000, s. 22). Dette skyldes både et hensyn til naturværdier, men også det faktum, at omkostningen ved grøftningen ikke nødvendigvis har givet en produktionsforøgelse der har kunnet forrente udgiften (Møller P. F., 2000, s. 22). Ønsker man på et skovdistrikt at tilstræbe en mere naturlig hydrologi, er det derfor vigtigt at forholde sig til denne økonomiske kalkule, for på den baggrund at

kunne tage beslutningen på et oplyst grundlag. Hvordan dette driftstab præcis kan opgøres og beregnes, mangler der dog viden om.

3.2 Problemformulering

Et eksempel på en skov, hvor udviklingen mod naturlig hydrologi kan erkendes, er Nyrup Skov, en privatejet skov på 226 ha beliggende i et kuperet terræn syd for Sorø. Skoven er en produktionsskov, hvor der siden 2014 og frem til 2023 gennem tilkastning af grøfter er blevet genskabt våde områder i skoven. Dette gør det muligt på LIDAR-scanninger at erkende, hvor vandet samles. Denne opgave har derfor til formål at undersøge, hvilke økonomiske og skovdyrkningsmæssige konsekvenser det har haft for Nyrup Skov at ophøre med dræning, både passivt ved ikke at oprense drængrøfter, og aktivt ved at tilkaste dem. Følgende spørgsmål ønskes besvaret:

- Hvilke konsekvenser har reetableringen af naturlig vandstand i skoven for kommercielle træarters sundhed?
- Hvor stort et areal af skoven er efter genskabelsen af våde områder uegnet for produktion af kommercielle træarter?
- Hvor stort et areal af skoven er påvirket af vand i en grad, hvor vækstvilkårene for kommercielle træarter er forringet?
- Hvor stort er det fremtidige produktionstab ved at have genskabt våde områder i skoven?

3.3 Projektafgrænsning

Opgaven begrænser sig til alene at beskæftige sig med de driftsøkonomiske konsekvenser, og vil derfor ikke berøre de biodiversitetsmæssige konsekvenser af et ophør med dræning. I opgaven bruges begrebet "kommercielle træarter". Ved dette forstås træarter der aktivt dyrkes og sælges i Danmark, altså primært bøg, eg, ær, rødgran, sitkagran, douglasgran og lærk mfl. Træarter som birk, pil og el defineres i denne opgave ikke som kommercielle træarter, da de i det valgte caseområde kun bevokser marginale, våde områder uden forstlig drift. Opgaven vil dog af praktiske årsager begrænse sig til at beregne de driftsøkonomiske konsekvenser for de fire hyppigst forekommende kommercielle træarter i skoven: bøg,

stilkeg, ær og rødgran. Det beregnede tilvæksttab vil basere sig på teoretiske antagelser fremkommet gennem litteraturstudiet. GIS-analysen begrænser sig alene til at beskæftige sig med de lokale afvandringsforhold, og ser ikke på vandopland, vandskel og vandstuvning.

3.4 Metode

Problemformuleringen vil blive belyst gennem et litteraturstudie og et casestudie.

Litteraturstudiet "Vandet i skoven" baserer sig på kilder der undersøger hydrologien i de danske skove, herunder hvordan hydrologien påvirker den naturlige artsammensætning, samt hvilke krav de fire udvalgte træarter stiller til jordbund og hydrologi. Viden opsamlet i litteraturstudiet benyttes herefter til at kvalificere og danne grundlag for de antagelser, som beregningerne i casestudiet benytter.

Casestudiet af Nyrup Skov bygger på en GIS-analyse af skovens våde områder, samt en skovøkonomisk analyse af driftstab ved ophør med grøftning. Arealer med produktionsnedsættelse fremkommet gennem GIS-analysen, danner sammen med den i driftsplanen fastsatte bonitet, samt gældende hugstpraksis i skoven, grundlag for den skovøkonomiske analyse.

4 Vandet i skoven

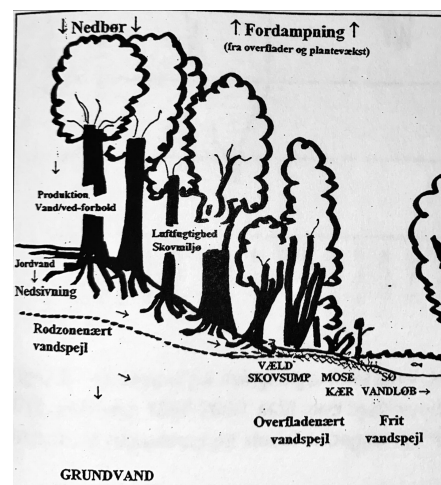
4.1 Naturlige vandstandsforhold og deres påvirkning af træarterne

For langt størstedelen af de danske skove er vandstandsforholdene i større eller mindre grad påvirket af menneskelige indgreb, og de naturlige vandstandsforhold og dertilhørende sammensætning af vegetationen er derfor ikke mulige at erkende (Møller P. F., 2000, s. 6). Dog vil der efter menneskelige indgreb i vandstandsforholdene med tiden opstå en ny hydrologisk ligevægt, hvorfor den naturlige artsfordeling over en hydrologisk gradient stadig kan erkendes i nogle af de tilbageværende urørte skove i landet (Møller P. F., 2000, s. 6). Dette afsnit vil derfor beskæftige sig med naturlige vandstandsforhold som de hypotetisk ville optræde uden menneskelig indgreb, og hvordan vandet påvirker den naturlige træartsfordeling.

4.1.1 Vandkredsløb og grundvandsdannelse

Vandstandsforholdene ved jordoverfalden, samt de øverste par meter under denne, er en af vigtigste faktorer for levestedsdannelse og vegetationsfordeling i skoven, og det er derfor denne del af vandkredsløbet der vil blive berørt i dette afsnit (Møller P. F., 2000, s. 5).

Først og fremmest afhænger vandstandsforholdene i skoven af nedbørsmængde, størrelse af vandopland, skovens beliggenhed i dette vandopland og afstand til vandskel. Vigtigt af alt er det dog de topografiske, jordbundsmæssige og geologiske forhold, da det er disse der i sidste ende styrer, hvor det nedbørsvand der ikke fordamper ender henne (Møller P. F., 2000, s. 5). Ca. 65% af nedbøren vil fordampe, og ca. 20% vil styret af topografien afstrømme overfladisk mod lavtliggende områder (Møller P. F., 2000, s. 9). Som det ses på figur 1, vil det



Figur 1: Skitse over vandets forekomst og bevægelse i et skovsystem (Møller P. F., 2000, s. 6)

resterende nedbørsvand, der ikke fordamper eller afstrømmer, først blive en del af jordvandet i rodzonen, hvor en del af vandet vil blive optaget i både levende og død biomasse. Denne zone betegnes som den umættede zone, og det vand der ikke optages her, vil herefter nedsive mod det øvre grundvandsspejl, også kaldet den mættede zone, hvor porerne er vandfyldte (Møller P. F., 2000, s. 6).

Når man taler grundvand som styrende for vegetationssammensætningen, er det det øvre, også kaldet sekundær, grundvandsspejl der er det vigtigste at fokusere på (Møller P. F., 2000, s. 5). Det nedre, også kaldet primære, grundvandsspejl ligger langt dybere, og er ikke en lige så direkte styrende faktor for vegetationssammensætningen (Møller P. F., 2000, s. 5). Som det ses på figur 1, følger det rodzonenære grundvandsspejl kun delvist topografien. Vandet vil, styret af lag i jordbunden, løbe langs det øvre grundvandsspejl, og i lavtliggende områder trænge op til overfladen, og enten helt eller delvist danne et frit vandspejl (Møller P. F., 2000, s. 5). Hvor højt grundvandsstanden i det sekundære grundvandsspejl står under jordoverfladen, er dog udover jordbundens beskaffenhed også stærkt påvirket af nedbørsmængden. Et tørkeår kan således give et udsving på flere meter mellem sommer- og vintergrundvandsstanden (Møller P. F., 2000, s. 8).

I det sekundære grundvandsspejl er vandet i den øvre del iltrigt, hvorimod det i den nedre del er iltfattigt. På grænsen mellem disse to zoner finder der en reduktion af iltrige forbindelser sted, bl.a. denitrifikation, hvor det plantetilgængelige nitrat omdannes til frit kvælstof, som planterne ikke kan optage (Møller P. F., 2000, s. 6). Det er dette iltfattige vand der i sidste ende er styrende for vegetationssammensætningen, da flere træarter godt kan tåle høj vandstand, al den stund vandet er iltrigt og strømmende, men lider rodskade hvis vandet er stillestående og iltfattigt (Møller P. F., 2000, s. 10).

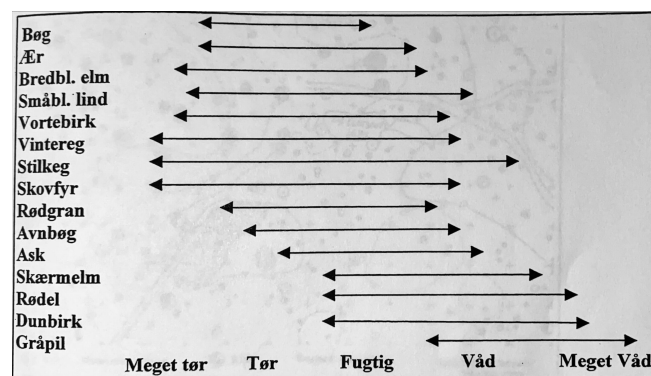
4.1.2 Vandets indflydelse på træartsfordelingen

Som nævnt i forrige afsnit, er vandstandsforholdene en af vigtigste faktorer for levestedsdannelse og vegetationsfordeling i skoven (Møller P. F., 2000, s. 5). Både ved sin tilstedeværelse og ved sit fravær påvirker vandet den naturlige træartsfordeling, og ikke kun der, hvor det med det blotte øje kan erkendes. Især bøg er f.eks. følsom over for højtstående sekundært grundvandsspejl, og en sådan

tilstand behøver kun at være tilstede med årtiers mellemrum for at kunne ændre konkurrencevilkårene i favør af mere vandtålende træarter (Møller P. F., 2000, s. 10).

Generelt kan det siges, at vandet i mange tilfælde – dog undtaget steder hvor der står decideret blankt vand – ikke er den direkte årsag til at træarter ikke vokser på et givent areal, men at det i stedet er vandets påvirkning af de interne konkurrenceforhold træarterne imellem der er styrende for træartssammensætningen (Jensen, Larsen, & Tarp, 2005, s. 392). Denne balance er hårfin, og der skal ikke mere end få decimeters ændring i koten på det sekundære grundvandspejl til for at ændre på konkurrencen træarterne imellem (Møller P. F., 2000, s. 10). På de fladgrundede, stive, sjællandske lerjorde kunne man i 1800-tallet f.eks. erkende, hvordan træartsfordelingen over en årrække ændrede sig markant. Hvor skovene her før var totalt domineret af egetræer, med enkelte indslag af underkuede bøge, medførte de gennemførte grøftningsarbejder at bøgen, som før haltede efter pga. den høje grundvandsstand, pludselig tog til i vækst (Møller P. F., 2000, s. 34). Bøgenes kroner voksede, sled på egetræernes kroner og satte store mængder olden, og inden for en trægeneration var træartsfordelingen vendt fra en egedomineret skov med enkelte indslag af bøge, til det omvendte (Møller P. F., 2000, s. 34). Egen voksede således ikke dårligere som følge af den lavere grundvandsstand, det var blot bøgen der voksede bedre, og på den måde udkonkurrerede egetræerne. Dette skyldes, at bøgen som skyggetræ naturligt vil udkonkurrere egen, hvor bøgen trives godt (Bergstedt, 2005, s. 146)

I et forstligt drevet system, hvor skoven er inddelt i træartsmæssigt ensrettede litra, og foryngelsen finder sted ved plantning frem for naturlig foryngelse, er der ikke de samme udfordringer ift. den af grundvandsstanden styrede konkurrence

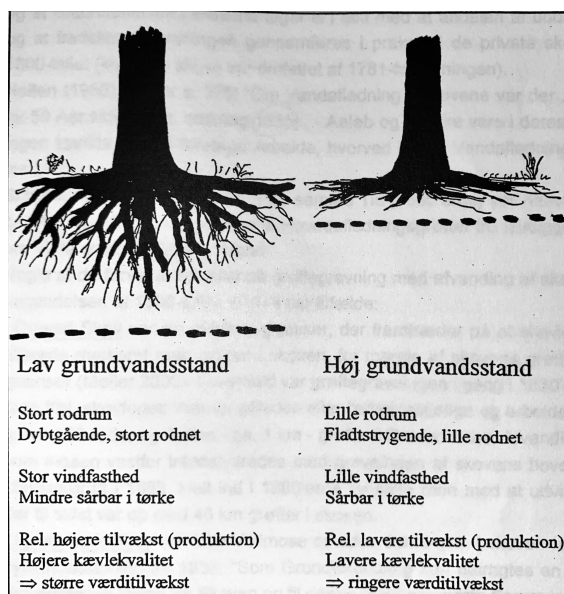


Figur 2: Oversigt over træarternes vandstandstolerance (Møller P. F., 2000, s. 11)

mellem træarterne. Her er det i stedet tilvækst, sundhed og stormfaldsrisiko der

for de fleste produktionstræarter er udfordringen på den våde bund (Møller P. F., 2000, s. 18). På figur 2 ses en forsimplet oversigt over træarternes vandstandstolerance. Figuren tager ikke højde for andre forhold som jordbundens beskaffenhed, næringsindhold, reaktionstal og vandets iltindhold, men blot hvor vandtålende træarterne er i forhold til hinanden. Det ses, hvordan bøg og rødgran har en relativt smal amplitude hvad vandstandstolerance angår, hvorimod stilkeg har en relativt bredere tolerance.

For bøg, ær og i nogen grad rødgran, gør forholdene på figur 3 sig gældende. Ved et lavtliggende sekundært grundvandspejl vil træet grundet det store rodrum kunne udvikle et dybtgående, stort rodnet, hvilket gør træet mindre udsat for stormfald og tørke. Modsat vil et højtliggende sekundært grundvandspejl resultere i et lille rodrum, hvilket vil begrænse træets rodudvikling, og føre til øget risiko for stormfald og tørkeskade.



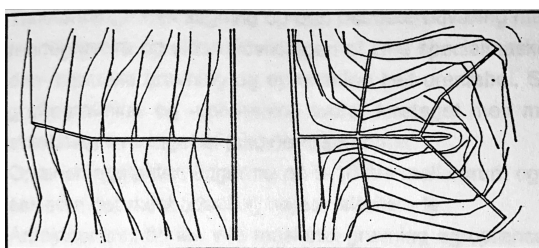
Figur 3: Rodnettets udvikling ved hhv. høj og lav grundvandsstand (Møller P. F., 2000, s. 18)

I et bakket terræn, som case-området Nyrup Skov kan karakterises som, vil det naturlige skovøkosystem være "...en mosiak af højbundsskov, fugtigbundsskov, vådbundsskov, sumpskov, kær, småmoser og andre mere eller mindre ubevokse små vådområder" (Møller P. F., 2000, s. 5). Der vil generelt ikke forekomme frit vandspejl året rundt, da småsøer med ringe vanddybde dannet efter sidste istid vil være tilgroede og opfyldt med gytje og tørv (Møller P. F., 2000, s. 5).

4.2 Grøftningens indflydelse på de skovdyrkningsmæssige forudsætninger

Det danske skovareal er, som tidligere nævnt, stærkt præget af fortidens dræningsarbejder, og næsten overalt er vandstanden påvirket af menneskelige indgreb (Møller P. F., 2000, s. 17). Disse menneskelige indgreb spænder over både vandindvinding, vandløbsregulering og råstofgravning, men den mest omfattende påvirkning er dræningen, som også er denne opgaves fokus (Møller P. F., 2000, s. 17).

Dræning i skov finder sted ved gravning af åbent grøftesystem bestående af hovedgrøfter, ledegrøfter og stikgrøfter, visualiseret på figur 4. Herved bortledes det vand der ellers ville samles i lavninger, hvilket både udtørre disse lavninger



Figur 4: Grøftesystemers opbygning i forhold til terræn
(Møller P. F., 2000, s. 23)

og sænker det sekundære grundvandsspejl, da den overfladiske afstrømning øges på bekostning af nedsivningen af regnvand (Møller P. F., 2000, s. 17). Dette har umiddelbart en lang række positive konsekvenser for den forstligt drevne bevoksning. Først og fremmest fører en bortledning af det iltfattige vand til en øget iltning og dermed øget omsætning i jorden (Møller P. F., 2000, s. 17). For træerne betyder dette, at kvælstof forbliver på den plantetilgængelige nitratform, samt at det organiske materiale i jorden omsættes til uorganisk kvælstof, som træerne kan optage og udnytte. Den øgede mængde plantetilgængeligt kvælstof i jorden fører dermed, sammen med en udvidelse af træernes rodrum som følge af at det sekundære grundvandsspejl sænkes, til en øget tilvækst, som det også ses på figur 3 (Møller P. F., 2000, s. 17). Udvidelsen af træernes rodrum giver også en øget stormfasthed, samt en forbedring af træernes markedskvalitet ved en mere ret vækst (Møller C. M., 1977, s. 27). For bøgens vedkommende betyder det også en nedsat risiko for rødmarv som konsekvens af rodskaade, da et overfladisk rodnet giver øget rodskaade ved storm (Bergstedt, 2018, s. 60-61).

For den forstligt drevne skov som helhed har det også en række positive konsekvenser. Drænes vådområder vil der kunne laves et træartsskifte fra el, birk,

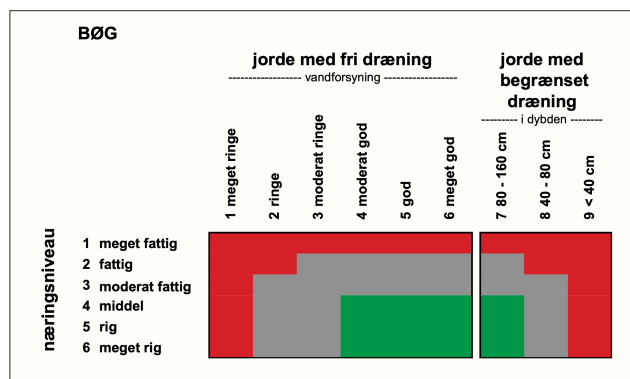
pil og asp til mere værdifulde træarter som rødgran, sitkagran eller eg, hvilket vil betyde en udvidelse af skovens produktive areal (Møller P. F., 2000, s. 17). Drænes og tilkultiveres ellers ubevoksede vådområder, vil det også betyde at frosthuller, trækhuller og indre rande forsvinder til fordel for en mere sluttet skov, hvilket giver et bedre skovmiljø (Møller P. F., 2000, s. 17) .

4.3 Hydrologiens påvirkning af udvalgte træarter

For at kunne undersøge, hvilke konsekvenser et ophør med dræning har for de fire udvalgte produktionstræarter bøg, eg, ær og rødgran på den valgte lokalitet, samt hvorvidt den i driftsplanen fastsatte bonitet er retvisende, er det nødvendigt at være bevidst om disse arters vækstkrav. Dette afsnit vil derfor beskæftige sig med træarternes krav til nedbør, jordbund og grundvandsstand.

4.3.1 Vækstkrav for bøg

For bøg er tilvækst stærkt påvirket af andelen af plantetilgængeligt vand i jorden (Møller C. M., 1977, s. 16). Den trives derfor bedst på en bund af skørler, altså en løs lerjord med et lerindhold på ca. 20%, da indholdet af plan-



Figur 5: Bøgens krav til vækstforhold (Bergstedt, 2005, s. 146)

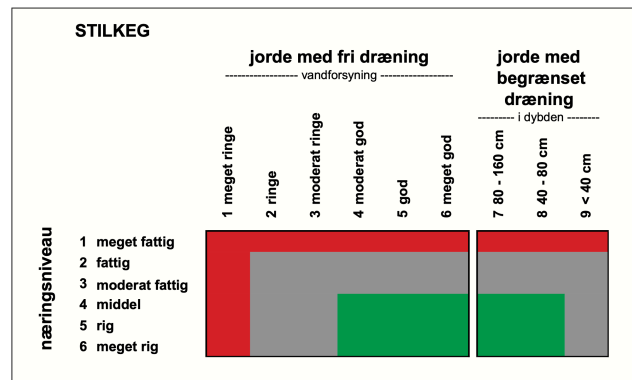
tetilgængeligt vand her er størst (Møller C. M., 1977, s. 16). Ved et stigende lerindhold i jorden vil andelen af plantetilgængeligt vand falde, og det samme vil være tilfældet ved et faldende lerindhold, hvorfor det i begge tilfælde vil betyde nedsat tilvækst (Møller C. M., 1977, s. 16).

Dog er vand, i form af høj grundvandsstand, samtidig den primære begrænsende faktor for bøgen. Dette ses i udbredt grad på lavgrundede, stive lerjorde, hvor store udsving i grundvandstanden fører til ikke blot kvalitetsnedsættelse i form af rødmarv, men også mistrivsel i form svampeangreb, toptørre og øget stormfaldsrisiko (Bergstedt, Træarternes anvendelse og produktionspotentiale,

2005, s. 350). Dette skyldes bøgens tendens til skiverod på våde lerjorde, som ved et fald i grundvandsstanden hurtigt mister kontakten med grundvandet (Holstener-Jørgensen, 1959, s. 262), og kan bl.a. erkendes i efterdønningerne af våd vinter efterfulgt af en tør sommer, som det fandt sted efter tørken i 2018 (Nord-Larsen, et al., 2023, s. 22). På dybgrundede jorde udvikler bøgen et hjerterodssystem, og har her en høj stormstabilitet (Holstener-Jørgensen, 1959, s. 263)

4.3.2 Vækstkrav for stilkeg

Stilkeg stiller modsat bøgen ikke nær så store krav til jordbunden, og trives godt på en bredere amplitude af jordbundstyper (Møller C. M., 1977, s. 37). Dog er det på de næringsrige lokaliteter med dyb grund og god vand-



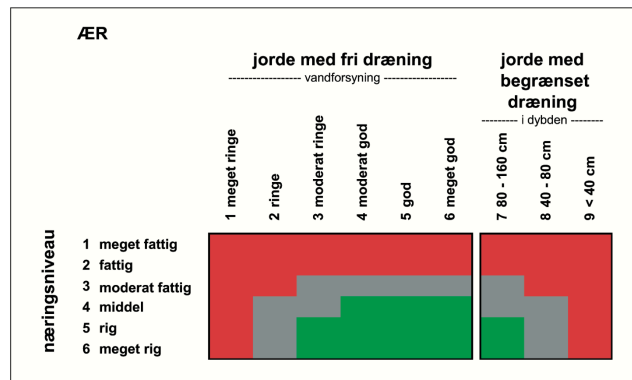
Figur 6: Stilkegs krav til vækstforhold (Bergstedt, 2005, s. 164)

forsyning at den bedste vækst og kvalitet skal findes (Larsen, Raulund-Rasmussen, & Callesen, 2005, s. 164). Dette er dog ikke ensbetydende med, at stilkegen mistrives på magre eller grundvandspåvirkede jorde. Selv på jorde med meget højtstående grundvand vil stilkeg udvikle sig acceptabelt, og den vil ikke udvise sygdomstegn eller andre kvalitetsnedsættende egenskaber (Larsen, Raulund-Rasmussen, & Callesen, 2005, s. 164)

Stilkeg har selv på grundvandsnære lokaliteter hjerterod, og er derfor ikke i samme omfang som bøg udsat for at miste kontakten til grundvandet (Larsen, Raulund-Rasmussen, & Callesen, 2005, s. 164) (Holstener-Jørgensen, 1959, s. 265). Denne hjerterod giver samtidig stilkegen en øget stormstabilitet.

4.3.3 Vækstkrav for ær

Ær er generelt ikke kræsen med hensyn til jordbundsforhold, og gode ærboniteter kan erkendes på flere forskellige jordbundstyper (Tillisch, 2001, s. 44). Ifølge Tillisch trives ær dog bedst på kalk- og næringsrige jorde med tilstrækkelig

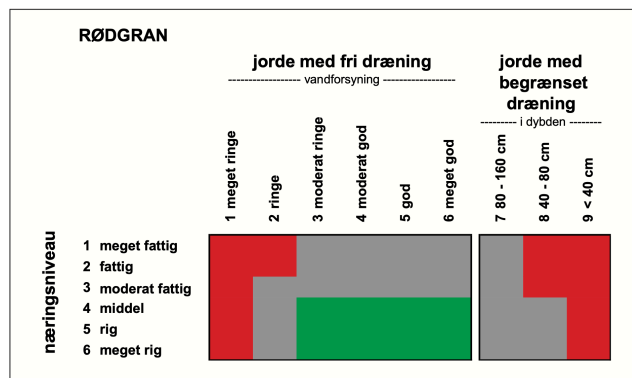


Figur 7: Ærs krav til vækstforhold (Bergstedt, 2005, s. 164)

vandforsyning uden stillestående vand, og tilsvarende dårligt på sure, næringsfattige jorde og dårligt drænedede jorde uden vandbevægelse (Tillisch, 2001, s. 44). Et eksempel på dette er ved selvsyn erkendt i ærbevoksningen af den kårede proveniens F.804 "Vestskoven" i Vestskoven afd. 743e, hvor bevoksningens sundhed er udfordret på grund af den flade, stive lerjord. Dog har ær generelt set et bredt toleranceniveau, og det er primært lavt reaktionstal eller stillestående vand, der begrænser ærens sundhed og vækst (Tillisch, 2001, s. 44). Derfor må der sikres tilstrækkelig dræning på det område, hvor ær ønskes dyrket. En enkelt stoppet grøft kan have uoprettelige konsekvenser for bevoksningens sundhed (Tillisch, 2001, s. 42).

4.3.4 Vækstkrav for rødgran

Rødgran har en bred amplitude hvad angår krav til jordbundstyper, og bonitetsfaldet ved aftagende finjordsindhold er ikke nær så stort som hos bøg og stilkeg (Møller C. M., 1977, s. 115). Vigtigt for rødgranens vækst er til-



Figur 8: Rødgrans krav til vækstforhold (Bergstedt, 2005, s. 156)

strækkelig vandforsyningen, hvilket dog ikke opfyldes i Danmark, da den kræver

550 mm nedbør i vegetationsperioden, og der som tidligere nævnt falder 782 mm i årligt gennemsnit. Allerbedst trives rødgranen på dybgrundet, gruset bund, hvor rodudviklingen også er optimal (Møller & Staun, 2017, s. 53). Her udvikler den et dybtgående rodsystem, hvilket gør den modstandsdygtig over for tørke og storm (Bergstedt, Træarternes anvendelse og produktionspotentiale, 2005, s. 157). Modsat vil den på grundvandsnære jorde, eller jorde med hårde lag som gley og pseudogley, have en flad rodudvikling, der ikke fordrer stormstabilitet, og gør den udsat for at miste kontakt med vandforsyningen under sommertørke (Bergstedt, Træarternes anvendelse og produktionspotentiale, 2005, s. 157). Problemer med sundheden ses bl.a. på de stive, midtsjællandske lerjorde, hvor tilvæksten er høj men sundheden dårlig, og rødgranen stagnerer og dør ved 40-50-års-alderen (Møller C. M., 1977, s. 115).

5 Casestudie af Nyrup Skov

5.1 Om undersøgelsen

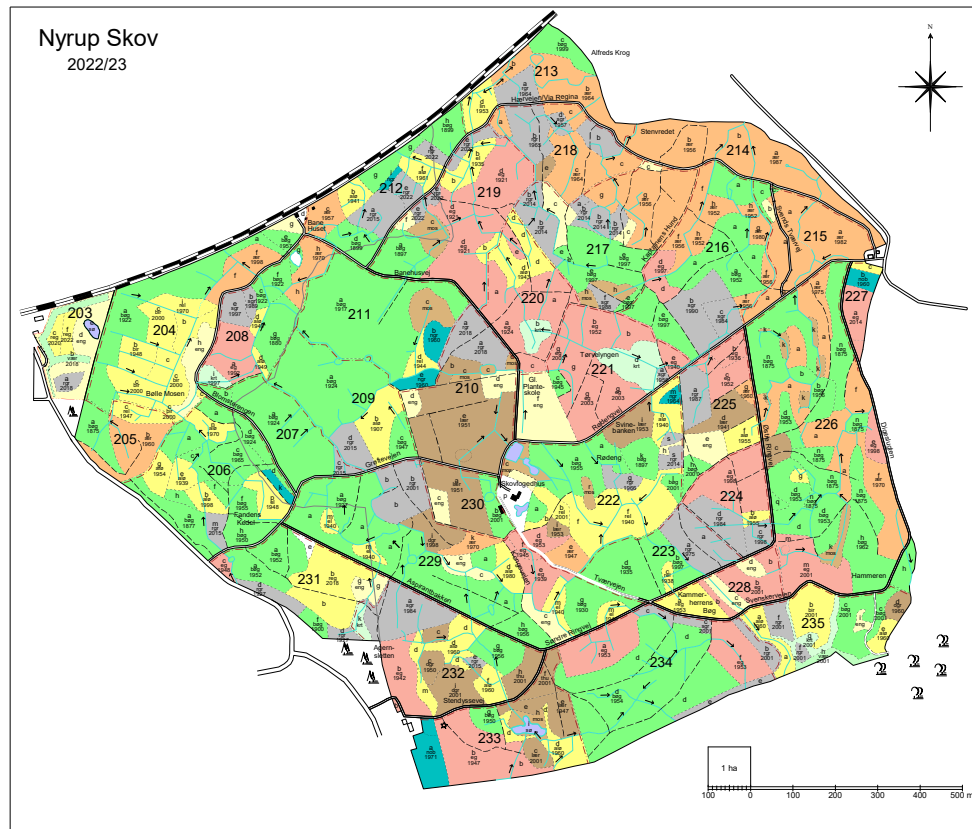
Casestudiet vil undersøge, hvilke økonomiske og skovdyrkningsmæssige konsekvenser det har haft for Nyrup Skov at ophøre med dræning. Dette kortlægges gennem en GIS-analyse og en økonomisk analyse. Efterfølgende diskuteres metodevalget.

5.2 Præsentation af caseområdet Nyrup Skov

Denne opgave vil som nævnt beskæftige sig med Nyrup Skov. Nyrup Skov er en privatejet skov på 226 hektar, beliggende syd for Sorø på Midsjælland. Caseområdet er valgt, da der gennem de sidste 9 år er foretaget en tilkastning af grøfter i skoven med det formål at skabe våde småbiotoper, og vedligehold af det eksisterende grøftesystem er også ophørt. Dette gør caseområdet til et godt udgangspunkt for at undersøge, hvilke konsekvenser et ophør med dræning og tilkastning af grøfter har for skovdriften.

5.2.1 Skovkort

Skovkortet er opdateret og fremskrevet til driftsåret 2023.



Figur 9: Skovkort over Nyrup Skov, hentet fra KW-Plan

5.2.2 Træarts- og aldersklassefordeling

Det ses på nedenstående arealsammendrag, at skovens produktive areal er domineret af bøg, eg, ær og gran. Af de 23,19 ha gran, udgør rødgran 16,51 ha. Andet løv er primært birk og rødel.

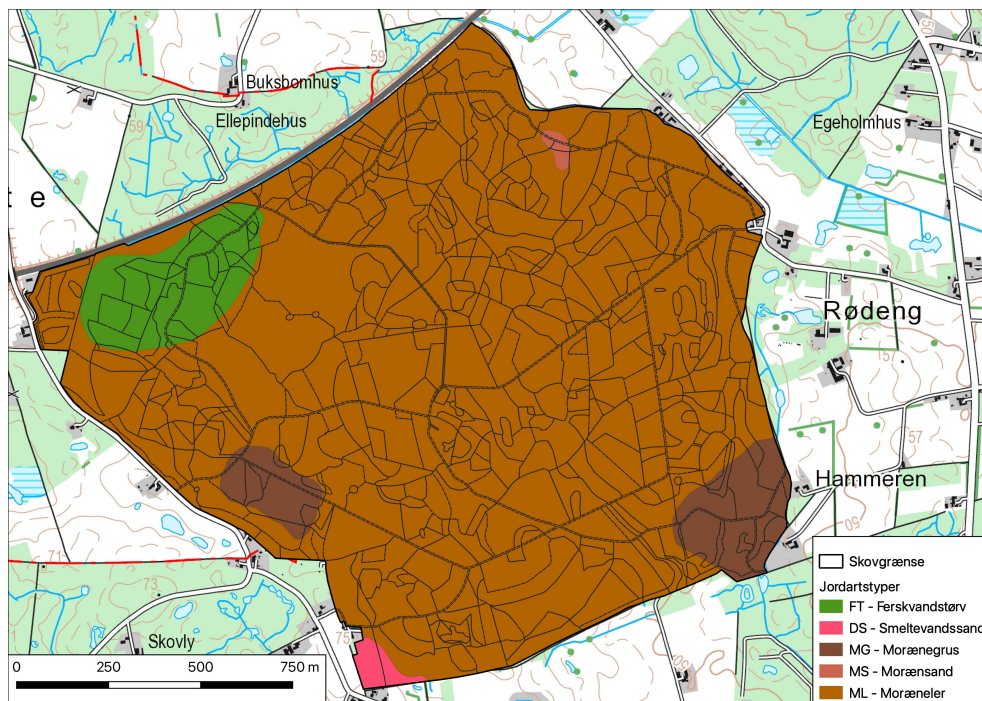
Arealssammendrag Nyrup Skov 2022/23									
Årgang/Drkl	Bøg	Eg	Ask	Ær	Andet løv	Gran	Andet nål	Pynte-grønt	Sum
2014-2023		0,76			2,81	7,41			10,98
1994-2003	7,86	9,1		1,04	4,8	3,96	3,77		30,53
1984-1993		1,24		2,09		6,14			9,47
1974-1983				7,85	0,69	1,75			10,29
1964-1973	1,54			7,95	0,99	2,68		1,11	14,27
1954-1963	15,69			9,67	5,17	0,3	0,5	1,35	32,68
1944-1953	9,8	9,52		1,41	4,33	0,34	8,4		33,8
1934-1943	1,71	3,06		0,25	8,23		0,85		14,1
1924-1933	15,66	2,78				0,61	0,4		19,45
1914-1923	10,28	4,56							14,84
1904-1913					1,21				1,21
1894-1903	3,66								3,66
1874-1883	9,45								9,45
1854-1863	0,23								0,23
-6-3					0,14				0,14
Ialt	75,88	31,02	0	30,26	28,37	23,19	13,92	2,46	205,1
Øvrige arealer									
Hus									0,62
Andet									0,06
Vej									3,58
Eng									9,18
Sø									0,52
Mose									3,8
Ubevokset									0,13
Krat & hegn									2,65
Værnskov									0,92
Ialt									21,46
Total									226,56

5.2.3 Vækstvilkår

Jordbund

Det geologiske udgangspunkt i Nyrup Skov er morænelandskab dannet under sidste istid, præget af en høj forekomst af dødisrelieffer (Smed, 1981). Dette er med til at skabe et kuperet landskab med små lavninger, hvor det laveste punkt i skoven er 45 moh, og det højeste punkt er 74 moh.

Jordbunden i Nyrup Skov består i overvejende grad af moræneler, med enkelte indslag af ferskvandstørv, morænegrus og smeltevandsler. Figur 10 viser fordelingen af jordbundstyper.



Figur 10: Jordartskort over Nyrup Skov (GEUS, 2023; SDFI, 2023)

5.3 GIS-analyse

Denne GIS-analyse vil kortlægge lavninger og områder med blankt vand i skoven, og udføres i QGIS og Scalgo Live. GIS-analysen skal danne grundlag for at kunne beregne, hvor meget areal der er påvirket af vand i en grad som gør det uegnet for dyrkning af de valgte træarter, samt hvor meget areal der er påvirket af vand i en grad hvor det betyder nedsat produktion for de valgte træarter.

5.3.1 Data

Til grundlag for opgavens GIS-analyse benyttes QGIS version 3.28 Firenze, samt følgende kortmateriale:

Skovkort

Skovkort og bevoksningsliste hentes fra KW-Plan, som bruges i den daglige driftsplanlægning i skoven.

Danmarks Højdemodel (terræn)

Danmarks Højdemodel (terræn) er udarbejdet af SDFI, og baserer sig på LIDAR-scanning fra fly. Nøjagtigheden på højdedataen varierer fra få centimeter til en halv meter (SDFI, 2023). For caseområdet Nyrup Skov er Danmarks Højdemodel senest opdateret ved overflyvning i april 2019 (SDFI, 2023). Danmarks Højdemodel bruges i denne opgave i formatet WCS, hvor højdedata er indlejret i hver pixel i rasterlaget. Hver pixel har en udstrækning på 0,4 x 0,4 m.

Jordartskort 1:25.000

Det danske jordartskort i målestoksforholdet 1:25.000 viser, hvilke jordarter der findes i 1 meters dybde under pløje- og kulturlaget (GEUS, 2023). Jordartskortet er opdelt i 52 kvartære og 18 prækvartære jordarter, som er kortlagt ved jordbundsprøver taget med 100-200 meters mellemrum, hvor jordarten defineres i en kombination af litologisk beskrivelse og landskabstolkning (GEUS, 2023).

SCALGO Live

For at lokalisere de lavninger i skoven hvor vandet samles og der kan forventes højtstående grundvand, bruges det webbaserede analyseværktøj SCALGO Live. SCALGO Live kan på baggrund af Danmarks Højdemodel gennem maskinlæring bruges til at kortlægge, hvor nedbør samles i lavninger (SCALGO, 2023).

Danmarks Topografiske Kortværk 1:25.000

Som baggrundkort benyttes Danmarks Topografiske kortværk i målestoksforhold 1:25.000 (GEUS, 2023). Dette kort bruges til at visualisere case-områdets geografiske placering.

5.3.2 Kortlægning af arealer med produktionstab

Grundlag for beregning i QGIS

Analysen udføres som nævnt ovenfor i QGIS. Der arbejdes i koordinatsystemet ETRS89 / UTM Zone 32N, og Danmarks Topografiske Kortværk i målestoksforholdet 1:25.000 benyttes som baggrundskort, da det med stednavne, bygninger og topografi er godt at navigere efter (SDFI, 2023). Skovkortet importeres i shapefile-format fra KW-Plan, som bruges som planlægningsprogram i den daglige drift af skoven. Dette gør det muligt at beregne, hvor meget vådområder fylder i de enkelte litra, og dermed hvor meget uproduktivt areal der er i hver enkelt litra. For at kunne visualisere skovkortet i QGIS på samme måde som i KW-Plan, og dermed gøre det mere læsbart, farvelægges det med en QGIS style document-fil udarbejdet af lektor ved Skovskolen Lene Fischer, udleveret ifbm. undervisning i faget GIS. For efterfølgende at kunne tilskære lag, så der kun ses på data inden for skovgrænsen, tegnes en skovgrænse langs skovkortet-lagets yderkant. Herefter importeres og tilskæres Jordartskort 1:25.000 og Danmarks Højdemodel.

Kortlægning af områder med blankt vand

Områder med blankt vand vil på en LIDAR-scanning have en hældning på 0 grader, og disse områder kan derfor kortlægges ved at finde hældningen på hvert enkel pixel i Danmarks Højdemodel. Dette gøres med værktøjet *Slope*, som tildeleler en hældning i grader til hver pixel i stedet for den højdedata der oprindeligt er indlejret i de enkelte pixels. Herefter bruges værktøjet *Reclassify by Table* til at dele alle pixels op i to kategorier, således at alle områder med en hældning på 0 grader kan konverteres til polygoner, og indgå i den videre beregning. For at gøre dette bruges værktøjet *Polygonize (Raster to Vector)*, som omdanner Danmarks Højdemodel til et vectorpolygonlag, hvor alle polygoner med en hældning større end 0 grader kan slettes. Dette efterlader et polygonlag, hvor alle polygoner repræsenterer områder med en hældning på 0, altså områder hvor det kan antages at der stod blankt vand da området blev LIDAR-scannet i 2019. Dog er der mange enkeltpixels med en hældning på 0, som ikke skal regnes med. Derfor udvælges sammenhængende polygoner med en hældning på 0 manuelt, hvorefter de resterende slettes. Polygonerne repræsenterer nu de områder, hvor der i april

2019 stod blankt vand, og det antages på baggrund af litteraturstudiet, at der her ikke kan dyrkes de fire udvalgte produktionstræarter, da ingen af de fire arter trives med temporært blankt vandspejl.

Kortlægning af områder direkte påvirket af højtstående grundvand

Med værktøjet Scalgo Live, som også bruger Danmarks Højdemodel, kan lavninger i skoven findes. Dette gøres i Scalgo Live med værktøjet *Lavninger*. Her udtrækkes lavninger med volumen på mindst 0 m^3 , og et areal på mindst 100 m^2 . Denne afgrænsning er valgt for at få alle lavninger over 100 m^2 med, da det antages at lavninger mindre end 100 m^2 ikke har nævneværdi indflydelse på produktionen. De steder der står blankt vand overlapper lavningerne, hvorfor de her slettes for ikke at tælle arealet med to gange. Lavningerne antages at være påvirket af højtstående sekundært grundvandsspejl, da Møller beskriver, at over halvdelen af de nedbør der ikke fordamper, afstrømmer til lavereliggende områder (Møller P. F., 2000, s. 9). Da grøfter enten ikke oprenses eller er tilkastet, vil vandet samles i de naturlige lavninger i skoven, og det sekundære grundvandsspejl vil lægge tættere på jordoverfladen, som det også ses på figur 1 i litteraturstudiet.

Kortlægning af områder indirekte påvirket af højtstående grundvand

Omkring lavningerne fundet gennem Scalgo Live, kortlægges områder hvor rodrummet kan forventes at være begrænset grundet højtstående grundvand. Her antages det, at der i en højde på $+0,5 \text{ m}$ omkring lavningerne kan forventes et begrænset rodrum. Dette baserer sig på undersøgelser udført af Møller i Longelse Bondegårdsskov på Langeland, hvor en naturlig artsfordeling over en hydrologisk gradient kan erkendes. Her ses det, at bøgen først dominerer $0,5 \text{ m}$ over lavninger med temporært frit vandspejl (Møller P. F., 2000, s. 12). Kortlægningen foretages ved at danne et polygongrid med en opløsning på $2 \times 2 \text{ m}$ i en radius af 50 m omkring alle lavninger, hvorefter højden i hver gridpolygon aflæses fra Danmarks Højdemodel. Herefter slettes alle gridpolygoner, som lægger højere end $+0,5 \text{ m}$ over lavningen. Opløsningen på $2 \times 2 \text{ m}$ vælges i stedet for Danmarks Højdemodels opløsning på $0,4 \times 0,4 \text{ m}$, da det af praktiske årsager ikke kan lade sig gøre at køre beregningen i QGIS med den tilgængelige computerkraft.

Beregning af arealer med nedsat produktion

På baggrund af de forudgående analyser af hhv. områder med blankt vand, områder direkte påvirket af højtstående grundvand, og områder indirekte påvirket af højtstående grundvand, kan der nu foretages en beregning på litraniveau af, hvilke områder i skoven hvor produktionen er nedsat. Dette gøres i QGIS med værktøjet *Overlap Analysis*. Værktøjet beregner, hvor meget overlap der er mellem to eller flere polygonlag, og returnerer et lag hvor det fremgår hvor meget overlap der er i m² og procent. Der beregnes overlap mellem skovkort-laget og de tre grader af vandpåvirkning, hvorefter det totale overlap for de valgte træarter og aldersklasser beregnes.

Hvor meget areal der er påvirket af vand, vil i denne opgave blive opgjort i arter og ti-årige aldersklasser. Dette gøres på baggrund af bevoksningens anlægsår, og der inddeles i ti-årige aldersklasser fra 2023 og bagud.

5.4 Økonomisk analyse

Denne økonomiske analyse vil på baggrund af GIS-analysen beregne produktionsstabt på de våde arealer i skoven. Dette gøres gennem en aldersklassevis beregning af venteværdier for hhv. bøg, eg, ær og rødgran, hvor produktionstabt beregnes ud fra år 2023. Dette år vælges, da ophøret med grøftning er foregået gradvist siden 2014, og de sidste grøfter blev tilkastet i vinteren 2022/23. Der tages udgangspunkt i, at alle bevoksninger renafrives ved omdriftsalderens slutning. I beregningerne benyttes reale priser og en real kalkulationsrente på 2%.

Alt løvtræ der har overskredet den fastsatte omdriftsalder, anses som værende administrativt fredet, og regnes derfor ikke med i produktionstabt, da det qua fredningen ikke er produktivt areal.

5.4.1 Data

Tilvækstmodeller for bøg, eg, ær og rødgran

I dette afsnit beskrives tilvækstmodeller for de fire udvalgte træarter bøg, eg, ær og rødgran. Der tages udgangspunkt i den i driftsplanen fastsatte bonitet, og hugstpraksis er fastsat ud fra samtale med distriktets skovfoged Klaus Falk-Sørensen.

Bøg, eg og rødgran

Tilvækstmodellerne for bøg, eg og rødgran er udarbejdet i VIDAR, som er et program til udarbejdelse af dynamiske produktionsoversigter (Nord-Larsen, Meilby, Lomholt, & Skovsgaard, 2009, s. 293). Dette vil sige, at man kan udarbejde dynamiske produktionsoversigter hvor hugststyrke, hugsttidspunkter og hugstmåde kan justeres, hvilket giver mulighed for lave en produktionsoversigt der er tilpasset driften på det enkelte skovdistrikt (Nord-Larsen, Meilby, Lomholt, & Skovsgaard, 2009, s. 293). Datagrundlaget for VIDAR baserer sig på datamateriale indsamlet gennem langsigtede forsøg fra hele Danmark (Nord-Larsen, Meilby, Lomholt, & Skovsgaard, 2009, s. 290).

Ær

Tilvækstmodellen for ær baserer sig hhv. Vilh. Kjølby's tilvækstmodel (Kjølby, 1958, s. 58), samt E. Tillisch' revidering af denne (Tillisch, 2001, s. 65). Tilvækstmodellen er udarbejdet af undertegnede ifbm. kursusopgave i Videregående skovdyrkning, og bruges i denne opgave, da det er den måde man i skoven ønsker at dyrke ær fremover (Falk-Sørensen, 2023).

Sortimentspriser

Sortimentspriser er indhentet gennem samtaler med råtræhandlere og skovfogeder. For bøg tages der udgangspunkt i Hvalsø Savværks prisliste (Hvalsø Savværk, 2022), for eg, ær og rødgran tages der udgangspunkt i Atlas Timber & Hardwoods prisliste (Atlas Timber & Hardwood, 2022), brændepriser er indhentet gennem samtale med skovfoged Klaus Falk-Sørensen, og flispris er indhentet gennem samtale med skoventreprenør Thomas Andersen, Dansk Skov og Handel. De præcise sortimentspriser fremgår af bilag I.

Sortimentsomkostninger og kulturudgifter

Sortimentsomkostninger er indhentet gennem samtale med skoventreprenør Thomas Andersen, Dansk Skov og Handel. Kulturudgifter er indhentet gennem samtaler med skovfoged Klaus Falk-Sørensen. De præcise sortimentsomkostninger og kulturudgifter fremgår af bilag I.

5.4.2 Beregning af produktionstab

I dette afsnit gennemgås metoden bag udregning af de arts- og aldersklasseopdelte venteværdier. Først udarbejdes produktionsoversigter og sortimentsudfald, som danner grundlag for priskurven, på baggrund af hvilken omsætningsbalancen kan opstilles, hvorfra jordværdier og venteværdier beregnes.

Udarbejdelse af produktionsoversigter

For at beregne venteværdier for de enkelte bevoksninger, er første skridt på vejen at udarbejde produktionsoversigter for de fire udvalgte træarter bøg, eg, ær og rødgran, for dermed at kunne opstille en omsætningsbalance, på baggrund af hvilken venteværdierne kan beregnes ((Kjær, 1998, s. 141).

For bøg, eg og rødgran er produktionsoversigterne udarbejdet i programmet VIDAR. Da der ikke kan udarbejdes en produktionsoversigt for ær i VIDAR, basere produktionsoversigten her, som nævnt ovenfor, sig på en revideret produktionsoversigt udarbejdet af undertegnede på baggrund af E. Tillisch (Tillisch, 2001, s. 80) revidering af V. Kjølby (Kjølby, 1958, s. 58) tilvækstmodel for ær.

Produktionsoversigterne i VIDAR er udarbejdet således: træart vælges, og væksthastighed fastlægges på baggrund af bonitetsklasse svarende til C. M. Møller (1933), da det er dette datagrundlag der er tilgængeligt på baggrund af driftsplanen. Bevoksningshøjden udtrykkes ved grundflademiddelhøjde (Hg), og vedmassen beregnes som salgbar masse > 5 cm. Dette vælges for at have et sammenligningsgrundlag træarterne imellem, da det for ær kun er data for salgbar masse > 5 cm der er tilgængeligt. Bonitetsklasse fastsættes ved 20 år, og der bruges følgende boniteter, fastsat som gennemsnit på baggrund af driftsplanen holdt op imod træarternes krav til jordbundsforhold:

Gennemsnitlig bonitet	
<i>Art</i>	<i>Gns. bonitet</i>
bøg	1,1
eg	1,3
rgr	1,3
ær	1,2

Som hugst-forvalg er følgende valgt på baggrund af praksis på distriktet:

- Bøg: Standard hugstbehandling, målgrundflade 25 m²/ha. Denne hugstbehandling er valgt, da den er tilsvarende den bøgehugst der føres på distriktet. Målet med hugsten er at opnå en kævlediameter på +50 cm. ved afdrift i år 120, da disse kævler er de mest værdifulde.
- Eg: Hugstbehandling defineres for første/sidste hugst. Ved første tynding i år 20 tyndes der hårdt fra neden med en målgrundflade på 13 m²/ha, og en Q-faktor på 0,8, og ved sidste hugst i år 116 tyndes der mindre hårdt fra neden med en målgrundflade på 25 m²/ha og en Q-faktor på 0,87. Denne hugstbehandling er valgt for at opnå en kævlediameter på +60 cm ved afdrift i år 130, da disse kævler ligeledes er de mest værdifulde.
- Rødgran: Standard hugstbehandling, målgrundflade 30 m²/ha. Første tynding foretages ved år 20, og sidste tynding foretages år 40. Denne praksis skyldes et ønske om at minimere risiko for stormfald, ved ikke at tynde når bevoksningen når over 20 meter i højden.

Som aldersinterval omfattet af oversigten er følgende aldersintervaller valgt, hvor ”Slut” er omdriftsalderen:

Art	Aldersinterval	
	Start (år)	Slut (år)
bøg	20	120
eg	20	130
rgr	20	55

Tyndingsinterval er fastsat til at være proportionalt med alder, dvs. at tyndingsintervallet er bevoksningens alder divideret med 10, og i den tabellariske oversigt vises kun tyndingsår. Dette tyndingsinterval er valgt, da det er en klassisk hugstbehandling i det danske skovbrug (Bergstedt, Skovdyrkning i praksis, 2018, s. 318).

Produktionsoversigten for ær er udarbejdet mere håndholdt, da VIDAR ikke inkluderer ær som én af de arter der kan udarbejdes produktionsoversigt for. Som tidligere nævnt, baserer denne produktionsoversigt sig på hhv. Kjølby's og Tillisch' tilvækstmodeller. Tillisch' reviderer i år 2001 Kjølby's tilvækstmodel for

ær fra 1954 ifbm. udgivelsen ”Æren trænger sig frem” (Tillisch, 2001, s. 65). Kjølbys tilvækstmodel er opstillet grafisk og tabellarisk, og det samme er Tillisch’ revisioner, hvorfor begge modeller er aflæst grafisk, og herefter sammensat i en tabellarisk oversigt. Omdriftsalderen er fastsat ud fra, hvornår kævlerne opnår den optimale diameter ift. det nuværende marked for ær.

Alle produktionsoversigter fremgår af afsnit 5.5.2.

Sortimentsudfald

Næste skridt på vejen er at definere sortimentsudfald for de enkelte træarter, for på baggrund af dette at kunne definere en priskurve (Kjær, 1998, s. 129). Sortimentsudfald for de enkelte arter er hentet fra materiale udleveret ifbm. undervisning i Skovdrift & samfund, og tilrettet således at de passer med nuværende handelsforhold (Kjær, 1998, s. 50). Sortimentsudfaldet er defineret procentvis, dvs. at det enkelte sortiment udgør en vis procentdel af den samlede hugst (Kjær, 1998, s. 49). Alle sortimentsudfald fremgår af bilag I.

Priskurve

På baggrund af sortimentsudfald og -omkostninger kan der konstrueres en priskurve for de enkelte arter. Priskurven er en kombination af driftsklassernes sortimentsforhold med de sortimentsvise dækningsbidrag, hvor resultatet er mængdevejede netto på rod-priser for de enkelte driftsklasser (Kjær, 1998, s. 130). Først udregnes netto på rod-prisen pr. m³ (NPR) for de enkelte sortimentsudfald ved følgende formel:

$$NPR = (\textit{sortimentspris} - \textit{sortimentsomkostninger})/\textit{fastmassetal}$$

Fastmassetalene er følgende:

<i>Sortiment</i>	<i>Fastmassetal</i>
Kævler	1,1
Tømmer	1
Juncker	1
Brænde	0,65
Flis	0,35

For kævler er fastmassetallet 1,1. Dette skyldes, at man grundet opmålingsmetoden for kævler med 30 cm overmål sælger flere kubikmeter end der opmåles, hvilket korrigeres ved at benytte et fastmassetal på 1,1.

Herefter kan NPR udregnes for de i sortimentsfordelingen angivne diameterklasser ved at udregne en volumenvægtet gennemsnitspris. Med denne kan NPR opstilles tabellarisk overfor diameterklasserne, og en graf med diameter (cm) på x-aksen og NPR (kr.) på y-aksen opstilles. Denne graf repræsenterer priskurven, men for at kunne benytte den i de videre udregninger må den sættes på formel. Dette gøres ved at udregne en polynomisk tredjegrads-tendenslinje. Formlen for dette tredjegradspolynomium er:

$$y = a_3 \times x^3 + a_2 \times x^2 + a_1 \times x + a_0$$

hvor x er lig med diameterklassen, og y er lig med NPR. Denne formel er en tilnærmet udtryk for priskurven, og bruges efterfølgende til at beregne NPR ud fra en given diameterklasse. Alle priskurver fremgår af bilag I.

Omsætningsbalance

Med produktionsoversigt og formelen for priskurven defineret, kan omsætningsbalance konstrueres. Omsætningbalancen er en aldersklassevis opstilling af en træarts ind- og udbetalinger netto pr. ha over en omdrift, altså dækningbidrag II (DBII) (Kjær, 1998, s. 139). Udbetalingerne vedrører anlægs- og kulturomkostninger, og indbetalingerne er fremkommet ved følgende formel:

$$DBII = NPR * V$$

Hvor V er salgbar masse over 5 cm i enten tynding (V2) eller hovedskovning (V3), og NPR som nævnt ovenfor er beregnet ud fra diameterklassen i den enkelte aldersklasse. I tyndingsårene beregnes DBII ud fra V2, og i året for afdrift ud fra V3. Alle omsætningsbalancer fremgår af afsnit 5.5.2.

Jordværdi og venteværdi

På baggrund af omsætningsbalancen kan jordværdi, og med dette venteværdi, beregnes. Jordværdien er nutidsværdien af de samlede dækningsbidrag en

vedvarende dyrkning af en given træart resulterer i (Kjær, 1998, s. 188). For at udregne jordværdien, må kapitalværdien af bevoksningen først udregnes. Kapitalværdien defineres som summen af nutidsværdierne af en bevoksning ind- og udbetalinger (Kjær, 1998, s. 153). På baggrund af omsætningsbalancen, udregnes derfor først nutidsværdierne af de enkelte års DBII. Dette gøres ved hjælp af diskonteringsformlen (Kjær, 1998, s. 153):

$$k_0 = k_n \times (1 + p)^{-n}$$

Hvor k_0 angiver nutidsværdien af en nettobetaling (NB) i år 0, altså ved kulturens etablering, k_n angiver NB i år n , p angiver kalkulationsrenten, og n er det antal år der diskonteres med. Udregnes nutidsværdien af NB for år 40 i en bevoksningens omdrift, tilbagediskonteres NB således med -40 år. Nutidsværdierne udregnes for hvert år i bevoksningens omdrift, og kapitalværdien udregnes herefter som summen af samtlige nutidsværdier. For at udregne jordværdien, altså den vedvarende dyrkning af den givne træart, må man diskontere med en uendelig annuitet. Dette gøres med formelen for evighedsfaktoren:

$$e = (1 + p)^n / ((1 + p)^n - 1)$$

Herefter udregnes jordværdien med følgende formel hvor J er jordværdien, C er kapitalværdien og e er evighedsfaktoren:

$$J = C \times e$$

Med omsætningsbalance og jordværdi, kan venteværdien beregnes. Venteværdien angiver værdien de fremtidige nettobetaling på et tilfældigt tidspunkt inden for omdriften (Kjær, 1998, s. 199), og beregnes med følgende formel:

$$V = \sum_{t=T}^n NB_t \times (1 + r)^{-(t-T)} + J \times (1 + p)^{-(t-T)}$$

Altså er venteværdien summen af de resterende nutidsværdier af nettobetalingerne NB fra et vilkårligt tidspunkt i bevoksningens alder til omdriftsalderen er

nået, hvor hver nutidsværdi diskonteres med antal år fra det vilkårlige tidspunkt og indtil omdriften er nået, plus jordværdien diskonteret med det samme antal år, da jordværdien først realiseres når omdriftsalderen nås. Man finder således den samlede værdi af bevoksningen (Kjær, 1998, s. 201), og kan på den måde opgøre tabet ved ikke længere at kunne dyrke arealet (Kjær, 1998, s. 202).

Forudsætningerne for produktionstabet er, at der i resten af omdriften er en nedsat produktion, hvorefter arealet ikke gentilplantes. Produktionstabet ved en vis alder t er således en vis procentdel af venteværdien for resten af omdriften, samt 100% af jordværdien, udtrykt ved følgende formel, hvor x er udtryk for tilvæksttabet:

$$V_t = ((\sum_{t=T}^n NB_t \times (1+r)^{-(t-T)}) \times x) + J \times (1+p)^{-(t-T)}$$

Herefter kan det totalte venteværditab på baggrund af GIS-analysen udregnes for de enkelte arter og aldersklasser. Dette gøres med følgende formel:

$$V_{total} = (((\sum_{t=T}^n NB_t \times (1+r)^{-(t-T)}) \times x) + J \times (1+p)^{-(t-T)}) \times a$$

Arealet a er fremkommet gennem GIS-analysen, og det procentvise tab x er for hhv. områder med blankt vand, områder direkte påvirket af højtstående grundvand (lavning), og områder indirekte påvirket af højtstående grundvand (0-50 cm over lavning), fastsat på baggrund af litteraturstudiet og GIS-analysen. Det forudsættes, at bøg og ær er mest følsomme over for en hævnning af det sekundære grundvandsspejl, dernæst rødgran, og at stilkeg er den mindst følsomme af de fire arter. Der arbejdes med følgende procentvise tab af venteværdi:

	Procentvis tab af venteværdi		
	<i>Blankt vand</i>	<i>Lavning</i>	<i>0-50 cm over lavning</i>
<i>bøg</i>	100%	100%	50%
<i>eg</i>	100%	50%	10%
<i>ær</i>	100%	100%	50%
<i>rgr</i>	100%	80%	50%

For at kunne beregne produktionstabt ift. en alternativ situation hvor afvandingen var opretholdt, beregnes venteværdierne for de enkelte arter og aldersklasser også uden det procentvise tab x , hvor a er det totale areal arten beslaglægger pr. aldersklasse. Herved fås den samlede venteværdi for bøg, eg, rødgran og ær, og det produktionstabt kan opgøres i procent af dette. Alle venteværdier fremgår af afsnit 5.5.2.

5.5 Resultater

5.5.1 Resultater af GIS-analyse

I dette afsnit vil resultaterne af GIS-analyse, både talmateriale og kort, blive præsenteret.

Tab af produktivt areal fordelt på arter

Tabel 1: Tab af produktivt areal, bøg

<i>bøg</i>	<i>Areal, blankt vand</i>	<i>Areal, lavning</i>	<i>Areal, 0-50 cm over lavning</i>
1994-2003		0,44	0,75
1964-1973		0,05	0,31
1954-1963	0,22	0,60	1,66
1944-1953	0,09	0,37	1,34
1934-1943		0,05	0,16
1924-1933	0,36	0,62	2,57
1914-1923		1,03	1,85
1894-1903		0,07	0,30
sum	0,67	3,24	8,95

Tabel 2: Tab af produktivt areal, eg

<i>eg</i>	<i>Areal, blankt vand</i>	<i>Areal, lavning</i>	<i>Areal, 0-50 cm over lavning</i>
2014-2023		0,04	0,03
1994-2003	0,07	0,37	1,33
1984-1993		0,37	0,01
1944-1953	0,14	0,41	1,18
1934-1943		0,05	0,30
1924-1933	0,01	0,08	0,10
1914-1923	0,04	0,27	0,00
sum	0,25	1,59	2,95

Tabel 3: Tab af produktivt areal, rgr

<i>rgr</i>	<i>Areal, blankt vand</i>	<i>Areal, lavning</i>	<i>Areal, 0-50 cm over lavning</i>
2014-2023	0,01	0,36	0,85
1994-2003	0,05	0,35	0,17
1984-1993		0,06	0,32
1974-1983		0,05	0,11
1964-1973	0,01	0,17	0,26
sum	0,07	1,00	1,70

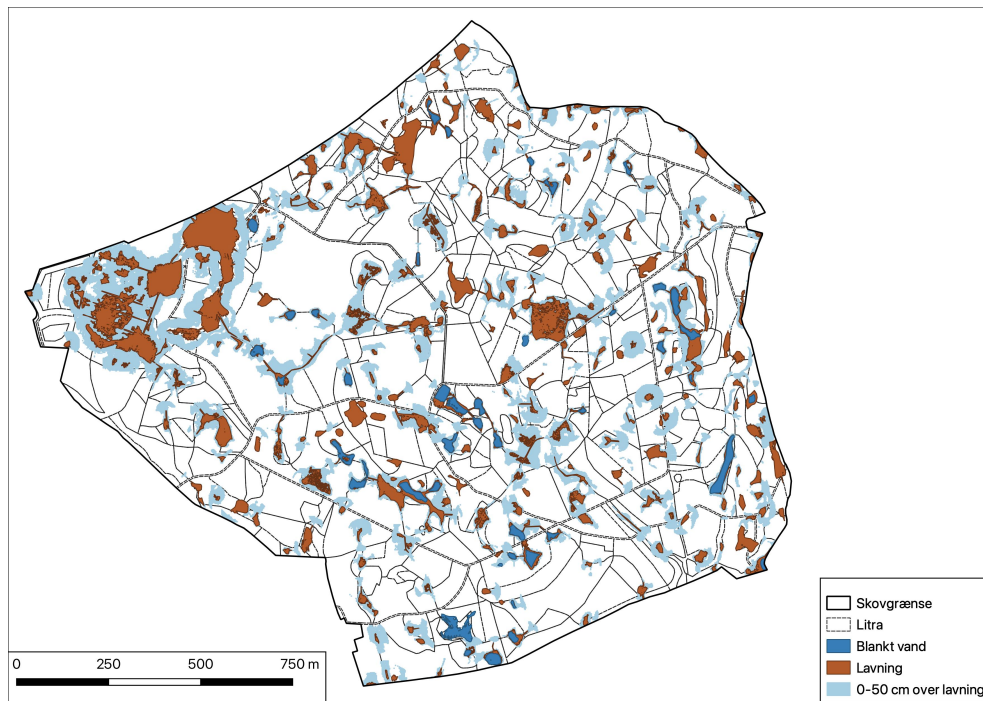
Tabel 4: Tab af produktivt areal, ær

<i>ær</i>	<i>Areal, blankt vand</i>	<i>Areal, lavning</i>	<i>Areal, 0-50 cm over lavning</i>
1994-2003		0,83	-0,69
1984-1993		0,12	0,10
1974-1983	0,07	0,38	0,73
1964-1973	0,01	0,74	0,88
1954-1963	0,07	0,39	1,17
1944-1953		0,02	0,18
1934-1943	0,04	0,04	0,01
sum	0,20	2,52	2,38

Tabel 5: Tab af produktivt areal, hovedtotal

	<i>Areal, blankt vand</i>	<i>Areal, lavning</i>	<i>Areal, 0-50 cm over lavning</i>
Hovedtotal	1,19	8,36	15,98

Kort over tab af produktivt areal



Figur 11: Kort over tab af produktivt areal

5.5.2 Resultater af økonomisk analyse

I dette afsnit vil resultaterne af beregningen af venteværdier for de udvalgte arter og aldersklasser blive præsenteret, inkl. de produktionsoversigter der ligger til grund for beregningen. *Venteværdier/total/før* er de samlede venteværdier eksklusiv produktionstab, *Produktionstab/total* er det totale tab af venteværdi, *Venteværdi/total/efter* er de samlede venteværdier efter et ophør med grøftning, og *Produktionstab/pct* er det procentvise tab af venteværdi.

Bøg

Tabel 6: Produktionsoversigt, bøg, bonitet 1,1

Alder år (T)	Tynding		Hovedskovning		NPR (pris/m3)	Indtægt (DBII/ha)	Nutids- værdi (ha)
	Diameter cm (D2)	Salgbar masse m3 > 5 cm (V2)	Diameter cm (D3)	Salgbar masse m3 > 5 cm (V3)			
0						-59.005,0	-59.005,0
1						-11.595,0	-11.367,6
5						-6.327,0	-5.730,6
20	5,8	12	6,7	53,4	132,8	1.594,0	1.072,7
22	6,9	8	7,7	75,6	134,5	1.075,9	695,9
24	7,8	10	8,7	98,5	136,3	1.363,0	847,4
27	9,1	12	10	140,1	139,6	1.675,4	981,5
30	10,3	18,6	11,4	178,7	143,4	2.666,9	1.472,3
33	11,6	34,4	12,8	201,7	148,2	5.098,0	2.652,1
37	13,4	46,1	14,7	228,5	156,0	7.193,8	3.457,4
41	15,3	44,9	16,6	251,3	165,7	7.441,0	3.303,9
45	17,2	43,7	18,5	271,2	176,7	7.722,1	3.167,6
50	19,6	54	20,9	293,1	192,3	10.382,5	3.857,4
56	22,6	63,7	23,7	316,3	214,0	13.633,4	4.497,7
62	25,6	62,2	26,6	336,7	237,9	14.797,6	4.334,9
69	29,3	71,6	30	358,2	269,6	19.301,7	4.922,5
77	33,6	81	33,8	380,3	308,4	24.978,6	5.436,9
85	37,8	79,6	37,8	400,8	347,1	27.627,5	5.132,5
94	42,4	88,8	42,4	422,8	388,8	34.528,7	5.367,4
104	47,8	98	47,8	446,3	434,8	42.610,0	5.433,7
116	54,6	117,7	54,6	474,1	483,9	56.957,8	5.727,1
120			57,1	521,3	498,5	259.890,8	24.141,8

Tabel 7: Kapitalværdi & jordværdi, bøg

Kapitalværdi	10.400 kr.
Evighedsfaktor	1,10
Jordværdi	11.465 kr.

Tabel 8: Venteværdier & produktionstab, bøg

Alder	Venteværdier/total/før		Produktionstab/total		Venteværdier/total/efter		Produktionstab/pect						
1994-2003	7,86	ha	1.095.467	kr.	1,20	ha	-114.850	kr.	6,66	ha	980.618	kr.	-10%
1964-1973	1,54	ha	302.319	kr.	0,36	ha	-40.695	kr.	1,18	ha	261.624	kr.	-13%
1954-1963	69,00	ha	14.304.091	kr.	2,48	ha	-345.570	kr.	66,52	ha	13.958.521	kr.	-2%
1944-1953	9,80	ha	2.263.482	kr.	1,80	ha	-263.539	kr.	8,00	ha	1.999.943	kr.	-12%
1934-1943	1,71	ha	431.402	kr.	0,22	ha	-34.630	kr.	1,49	ha	396.772	kr.	-8%
1924-1933	15,66	ha	3.736.993	kr.	3,55	ha	-550.099	kr.	12,11	ha	3.186.894	kr.	-15%
1914-1923	10,28	ha	2.543.582	kr.	2,89	ha	-492.679	kr.	7,39	ha	2.050.903	kr.	-19%
1894-1903	3,66	ha	993.161	kr.	0,37	ha	-62.512	kr.	3,29	ha	930.649	kr.	-6%
Sum	119,51	ha	25.670.498	kr.	12,86	ha	-1.904.573	kr.	106,65	ha	23.765.924	kr.	-7%

Det samlede produktionstab for bøg pr. ha tabt areal er -148.064 kr.

Stilkeg

Tabel 9: Produktionsoversigt, bøg, bonitet 1,3

Alder år (T)	Tynding		Hovedskovning		NPR (pris/m3)	Indtægt (DBII/ha)	Nutids- værdi (ha)
	Diameter cm (D2)	Salgbar masse m3 > 5 cm (V2)	Diameter cm (D3)	Salgbar masse m3 > 5 cm (V3)			
0						-49.250,0	-49.250,0
1						0,0	0,0
5						-6.327,0	-5.730,6
20	5,7	18,6	8,6	48,3	164,0	3.051,3	2.053,4
22	7,6	10,1	10,1	58,6	137,4	1.387,3	897,4
24	8,9	10,4	11,7	68,2	123,8	1.287,9	800,7
27	10,5	16,1	14	82,1	112,3	1.807,5	1.058,9
30	12,4	15,6	16,2	95,7	105,5	1.645,9	908,6
33	14,3	15	18,5	108,9	106,0	1.589,4	826,9
37	16,5	19,3	21,4	125,9	115,0	2.219,5	1.066,7
41	18,9	18,1	24,1	142,7	134,6	2.436,4	1.081,8
45	21,3	17,2	26,8	159,1	163,6	2.814,6	1.154,5
50	23,9	20,4	30	179,2	204,8	4.178,4	1.552,4
56	26,9	23	33,6	203,1	263,7	6.064,7	2.000,8
62	30	21,5	37,1	226,8	335,7	7.218,2	2.114,6
69	33,3	23,4	40,9	254,1	423,1	9.901,0	2.525,0
77	36,9	24,7	44,9	285,1	528,7	13.059,4	2.842,6
85	40,5	22,7	48,6	315,9	642,5	14.584,9	2.709,5
94	44,2	23,5	52,6	350,3	765,2	17.983,1	2.795,4
104	48	23,5	56,6	387,5	894,5	21.019,7	2.680,5
116	52,3	24,9	60,9	431,7	1040,7	25.914,0	2.605,6
130			65	507,7	1431,2	726.644,4	55.373,2

Tabel 10: Kapitalværdi & jordværdi, stilkeg

Kapitalværdi	32.068 kr.
Evighedsfaktor	1,08
Jordværdi	34.713 kr.

Tabel 11: Venteværdier & produktionstab, stilkeg

Alder	Venteværdier/total/før		Produktionstab/total		Venteværdier/total/efter		Produktionstab/pct
2014-2023	0,76 ha	70.454 kr.	0,08 ha	-2.553 kr.	0,68 ha	67.901 kr.	-4%
1994-2003	9,10 ha	1.283.077 kr.	1,78 ha	-60.756 kr.	7,32 ha	1.222.321 kr.	-5%
1984-1993	1,24 ha	206.195 kr.	0,38 ha	-31.831 kr.	0,86 ha	174.365 kr.	-15%
1944-1953	9,52 ha	3.012.164 kr.	1,72 ha	-160.746 kr.	7,80 ha	2.851.419 kr.	-5%
1934-1943	3,06 ha	1.133.403 kr.	0,34 ha	-24.068 kr.	2,72 ha	1.109.335 kr.	-2%
1924-1933	2,78 ha	1.154.772 kr.	0,20 ha	-28.648 kr.	2,58 ha	1.126.124 kr.	-2%
1914-1923	4,56 ha	2.211.202 kr.	0,30 ha	-84.893 kr.	4,26 ha	2.126.308 kr.	-4%
Sum	31,02 ha	9.071.267 kr.	4,80 ha	-393.495 kr.	26,22 ha	8.677.772 kr.	-4%

Det samlede produktionstab for stilkeg pr. ha tabt areal er -81.967 kr.

Rødgran

Tabel 12: Produktionsoversigt, rødgran, bonitet 1,3

Alder år (T)	Tynding		Hovedskovning		NPR (pris/m3)	Indtægt (DBII/ha)	Nutids- værdi (ha)
	Diameter cm (D2)	Salgbar masse m3 > 5 cm (V2)	Diameter cm (D3)	Salgbar masse m3 > 5 cm (V3)			
0						-29.555,0	-29.555,0
1						-10.800,0	-10.588,2
5						-6.327,0	-5.730,6
20	8,9	41,9	10,3	122,4	168,9	7.076,0	4.761,9
22	10,4	25,9	11,7	148,7	181,4	4.698,9	3.039,4
24	11,8	28	13,1	175	192,6	5.392,9	3.352,9
27	13,9	45	15,1	212,4	208,5	9.381,6	5.496,3
30	16,1	45,5	17,1	245,6	224,0	10.194,0	5.627,8
33	18,3	45	19,1	274,5	238,6	10.737,6	5.586,0
37	21,2	58,4	21,6	307,6	256,5	14.978,2	7.198,7
41	24,1	58,5	24,1	333,3	273,0	15.972,0	7.091,7
55	0	0	32	582	313,3	182.353,8	61.362,8

Tabel 13: Kapitalværdi & jordværdi, rødgran

Kapitalværdi	57.644 kr.
Evighedsfaktor	1,51
Jordværdi	86.879 kr.

Tabel 14: Venteværdier & produktionstab, rødgran

Alder	Venteværdier/total/før		Produktionstab/total		Venteværdier/total/efter		Produktionstab/pct
2014-2023	7,41 ha	1.039.199 kr.	1,22 ha	-125.126 kr.	6,19 ha	914.073 kr.	-12%
1994-2003	3,02 ha	602.476 kr.	0,57 ha	-100.471 kr.	2,45 ha	502.005 kr.	-17%
1984-1993	1,77 ha	371.284 kr.	0,38 ha	-55.266 kr.	1,39 ha	316.019 kr.	-15%
1974-1983	1,63 ha	360.009 kr.	0,16 ha	-27.338 kr.	1,47 ha	332.671 kr.	-8%
1964-1973	2,68 ha	721.544 kr.	0,44 ha	-96.346 kr.	2,24 ha	625.198 kr.	-13%
Sum	16,51 ha	3.094.512 kr.	2,77 ha	-404.546 kr.	13,74 ha	2.689.966 kr.	-13%

Det samlede produktionstab for rødgran pr. ha tabt areal er -148.064 kr.

Ær

Tabel 15: Produktionsoversigt, ær, bonitet 1,2

Alder år (T)	Diameter cm (D)	Tynding	Hovedskov- ning	NPR (pris/m ³)	Indtægt (DBII/ha)	Nutids- værdi (ha)
		Salgbar masse m ³ > 5 cm (V2)	Salgbar masse m ³ > 5 cm (V3)			
0					-48.730,0	-48.730,0
1					-2.319,0	-2.273,5
5					-6.327,0	-5.730,6
15	9	14	62,5	165,9	2.322,9	1.726,0
17	11	16	81,2	183,4	2.934,0	2.095,4
19	12	18	93,7	191,2	3.440,9	2.362,0
21	13,5	22	110	201,8	4.439,0	2.928,7
23	15	23	120	211,2	4.858,0	3.080,7
25	16,2	24,6	137	218,0	5.363,4	3.269,2
27	17,2	25,2	150	223,2	5.625,7	3.295,9
29	19	25	160	231,7	5.792,9	3.262,1
32	21,2	36,3	181	240,8	8.739,9	4.637,7
35	23	35,4	200	247,4	8.757,0	4.378,7
38	26	33	218	257,4	8.495,4	4.002,9
41	28	30,9	237	263,9	8.155,4	3.621,1
45	31	40,8	256	274,1	11.184,6	4.587,9
49	34	40,4	275	285,8	11.547,1	4.375,9
54	38	50	300	305,5	15.276,8	5.243,5
59	41	50	318	324,8	16.239,4	5.048,5
65	45	60	327	358,4	21.504,8	5.936,4
71	49,2	58,8	356	406,0	23.873,4	5.852,0
78	54,5	66,5	387	488,5	32.482,7	6.931,7
85	60		450	606,2	272.802,6	50.679,7

Tabel 16: Kapitalværdi & venteværdi, ær

Kapitalværdi	70.582 kr.
Evighedsfaktor	1,23
Jordværdi	86.686 kr.

Tabel 17: Venteværdier & produktionstab, ær

Alder	Venteværdier/total/før		Produktionstab/total		Venteværdier/total/efter		Produktionstab/pct
1994-2003	1,04 ha	223.903 kr.	0,14 ha	-63.617 kr.	0,90 ha	160.287 kr.	-28%
1984-1993	2,09 ha	488.039 kr.	0,22 ha	-36.188 kr.	1,87 ha	451.851 kr.	-7%
1974-1983	7,85 ha	2.004.798 kr.	1,19 ha	-206.871 kr.	6,66 ha	1.797.927 kr.	-10%
1964-1973	7,95 ha	2.139.319 kr.	1,64 ha	-310.368 kr.	6,31 ha	1.828.951 kr.	-15%
1954-1963	9,67 ha	2.995.178 kr.	1,63 ha	-338.228 kr.	8,04 ha	2.656.950 kr.	-11%
1944-1953	1,41 ha	458.976 kr.	0,21 ha	-42.771 kr.	1,20 ha	416.205 kr.	-9%
1934-1943	0,25 ha	89.872 kr.	0,09 ha	-28.644 kr.	0,16 ha	61.228 kr.	-32%
Sum	30,26 ha	8.400.086 kr.	5,10 ha	-1.026.688 kr.	25,16 ha	7.373.398 kr.	-12%

Det samlede produktionstab for ær pr. ha tabt areal er -201.148 kr.

Total

Tabel 18: Venteværdier & produktionstab, total

Hovedtotal	194,17 ha	46.236.363 kr.	25,18 ha	-3.729.302 kr.	168,99 ha	41.894,9 kr.	-8%
------------	-----------	----------------	----------	----------------	-----------	--------------	-----

Det totale produktionstab for bøg, eg, rødgran og ær ved et ophør med grøftning og tilkastning af grøfter, er -3.729.302 kr. ved et forrentingskrav på 2%. Dette svarer til et tab på 8% af den samlede venteværdi på 46.236.363 kr. for de fire arter.

5.6 Metodediskussion

5.6.1 Metodevalg i GIS-analysen

GIS-analysen fokuserer i sin metode på statiske parametre defineret ud fra Danmarks Højdemodel, altså hvor lavningerne er i skoven, og i hvilke lavninger der står blankt vand om vinteren. Dog er vand en mere dynamisk størrelse, og tilstopning af en grøft kan have en vandstugningseffekt længere oppe i vandopladedet, også uden for skovens grænser (Møller P. F., 2000, s. 22). Metoden til lokalisere lavninger med blankt vand, og dermed 100% produktionstab, giver et retvisende billede af produktionstab, men for lavninger uden blankt vand samt områderne omkring lavninger, er produktionstabet behæftet med en vis usikkerhed. Det vil, både grundet afstrømningsforhold og vandstuvning samt lokale variationer i jordbundsforhold, variere fra lavning til lavning, hvor højt grundvandet står, og dermed hvor stort produktionstab er (Møller P. F., 2000, s. 6). En yderligere GIS-analyse af afstrømningsforhold i vandoplandet, kombineret med en feltundersøgelse af jordbundsforhold og grundvandsstand i lavningerne sidst på vinteren hvor grundvandet står højt (Møller P. F., 2000, s. 7), ville kunne give et mere nuanceret indblik i vækstforholdene på de enkelte arealer.

5.6.2 Metodevalg i den økonomiske analyse

På baggrund af litteraturstudiet og GIS-analysen fastsættes der et produktionstab defineret som en procentdel af venteværdien for resten af omdriften. For et mere retvisende billede af produktionstab, havde en separat produktionstoversigt for de grundvandspåvirkede arealer, skabt på baggrund prøveflademålinger

fra hhv. årene før og efter grøfter blev tilstoppet, været en mulig metode. Herved kunne man have ændret fremskrivningen af tilvæksten for resten af omdriften, hvilket ville have givet nogle andre netto-på-rod-værdier pga. ændret diameterudvikling, i stedet for blot at indregne et procentvis tab i venteværdien for den resterende del af omdriften.

6 Diskussion

Spørgsmålet er nu, hvad den frembragte viden om produktionstab kan bruges til, og hvordan det skal sættes i kontekst til skovforvaltningen som helhed. Først og fremmest må validiteten af casestudiets resultater diskuteres. Det har gennem litteraturstudiet vist sig, at kildemateriale omkring reetablering af naturlig hydrologi i produktionsskove er begrænset, og der således ikke er nogen forudgående eksperimenter at hente viden fra. Datagrundlaget for fastsættelse af produktionstab i lavninger og området omkring disse, er derfor alene baseret på litteraturstudie samt GIS-analyse, hvilket behæfter det endelige produktionstab med en vis usikkerhed. En højere validitet kunne være opnået gennem feltundersøgelser med det formål at fastsætte et mere præcist produktionstab, noget som der ikke har kunnet løses inden for rammen af denne opgave. Fremskaffes mere konkret data hvad angår hydrologiens påvirkning af tilvæksten, vil metoden til beregning af venteværditabet kunne danne et retvisende beslutningsgrundlag for skovejeren. Dette vil dog samtidig kræve en viden om træernes tilvækst i lavningerne ved fortsat grøftning. I casestudiet forudsættes på disse arealer intet produktionstab ved fortsat grøftning, samt en tilvækst svarende til skovens gennemsnitlige bonitet, men på trods af grøftning kan der godt være en nedsat produktion ift. skovens bonitetsvise gennemsnit. Det er altså igen behæftet med en vis usikkerhed at konkludere noget entydigt ud fra resultaterne, og opgavens primære bidrag må derfor være den metodiske værktøjskasse til kortlægning og beregning af produktionstab.

Kapitalværdi og jordværdi ligger for ær, sammenlignet med de andre løvtræer bøg og eg, også meget højt. Dette skyldes Tillisch' revidere tilvækstmodel for ær, som produktionsoversigten for denne opgave baserer sig på. Selvom ær belastes med det samme produktionstab som bøg, er tabet ca. 50.000 kr. større pr. ha tabt areal hos ær. Denne produktion kan dog sandsynligvis kun realiseres, såfremt ær dyrkes aktivt efter Tillisch' forskrifter fra ungdommen (Tillisch, 2001, s. 65). Venteværdier og dermed driftstab vil derfor sandsynligvis for ærens vedkommende i realiteten være lavere, end det her er beregnet, da dyrkningsformen først er ved at blive indfaset nu.

Konsekvenserne for skovens sundhed og stabilitet kan der dog ud fra litteraturstudiet godt siges noget om. Et stop med grøftning vil føre til flere våde områder, som i starten vil være lysåbne (Møller P. F., 2000, s. 17). Dette vil skabe flere trækhuller og indre rande, hvilket medfører en øget stormfaldsrisiko og et dårligere skovmiljø (Møller P. F., 2000, s. 17). På den måde skaber et ophør med grøftning ikke blot konsekvenser på arealerne påvirket af højtliggende sekundært grundvandsspejl, men også på de omkringliggende arealer. Denne faktor er ikke medtaget i casestudiets beregninger, men er en faktor der er værd at have i mente. I praksis er det dog svært at kalkulere med dette uden at have data fra længerevarende forsøg – her vil en risikoanalyse kunne opstille alternative scenarier. Med tiden vil de nyskabte våde områder dog, som Møller beskriver, blive opfyldt med gytje og tørv, og vokse til med pil, el og birk (Møller P. F., 2000, s. 5). Dette vil genskabe noget af stabiliteten, i takt med at disse bliver en del af kronetaget.

Skal beslutningen om stop af grøftning tages, vil det også være relevant at undersøge, hvad den alternative investering i grøftning ville have kostet. Da grøftarbejder er indeholdt fællesomkostningerne, ville man skulle beregne venteværdien ved dækningsbidrag III, altså inklusiv fællesomkostninger, for de to scenarier (Kjær, 1998, s. 202). Dette gøres med følgende formel, hvor f er de årlige fællesomkostninger og p er renten:

$$V_{III} = V_{II} - f \div p$$

En beregning af hhv. V_{III} inkl. produktionstab og ekskl. grøftning og V_{III} ekskl. produktionstab men inkl. grøftning, ville herefter kunne stilles op over for hinanden, og dermed danne beslutningsgrundlag. Dette vil dog kræve en total kortlægning af grøfter i skoven samt en langsigtet plan for oprensning af disse, for at kunne beregne retvisende årlige fællesomkostninger.

I denne opgave arbejdes med en situation, hvor træerne på arealet går tabt, og hvor jordværdien beregnes ud fra en vedvarende dyrkning af den samme træart, som der ved ophør med grøftning beslaglægger arealet. Her kunne et alternativ være en realisering af værdierne inden vandet sættes på, og derefter et træartsskifte til en mere vandtålende art. Her har litteraturstudiet vist, at stilkeg

er den af de fire arter der klarer sig bedst ved højtstående sekundært grundvandsspejl. Som litteraturstudiet har beskrevet, har stilkeg en bredere amplitude hvad angår vandstandstolerance, hvilket også afspejler sig i, at venteværditabet pr. ha tabt areal er næsten 50% lavere sammenlignet med bøg og rødgran, som ligger i ca. samme leje. Især på mere fladgrundede lokaliteter domineret af bøg på f.eks. Sydsjælland, ville det være relevant at overveje et aktivt træartsskifte fra bøg til stilkeg, såfremt en mere naturlig hydrologi vil efterstræbes. Som Møller beskriver, var disse skove også inden grøftningsarbejderne blev igangsat domineret af egetræer (Møller P. F., 2000, s. 34). For at fastholde træartsfordelingen mellem løv og nål i skove, hvor rødgran udgør størstedelen af nåletræsandelen, ville man her kunne foretage et træartsskifte til sitkagran, som bedre tolererer højtstående sekundært grundvandsspejl (Bergstedt, 2005, s. 160). Denne fremgangsmåde vil alt andet lige mindske venteværditabet betragteligt, da der fastholdes en produktion på områder påvirket af højtstående sekundært grundvandsspejl, samtidig med, at disse områder her også antageligt er noget større end i det kuperede caseområde.

Ønsker man som skovejer at reetablere en mere naturlig hydrologi, kan dette også med fordel kombineres med en PEFC-certificering af skoven. Vil man som skovejendom over 50 ha PEFC-certificeres, skal der udlægges 10% af skovens areal til såkaldte biodiversitetsområder, hvor driftsformålet skal være fremme af biodiversitet fremfor forstlig drift (PEFC Danmark, 2022). Disse biodiversitetsområder kan med fordel placeres i de områder, hvor naturlig hydrologi genoprettes. Denne praksis er bl.a. erkendt ved ekskursion til St. Hjøllund Plantage, hvor skovfoged Søren Strunge har gennemført en sådan operation. Gevinsten ved at få skoven PEFC-certificeret er bl.a., at der pt. kan inkasseres en merpris pr. solgt kubikmeter. F.eks. tilbød Atlas Timber & Hardwood i efteråret 2022 10 kr./kubikmeter i certificeringstillæg på nåletræ (Atlas Timber & Hardwood, 2022), og Hvalsø Savværk tilbød 20 kr./kubikmeter løvtræ (Hvalsø Savværk, 2022). Dette certificeringstillæg kunne der derfor også kalkuleres med i beregningen af produktionstab.

7 Konklusion

Formålet med denne opgave er at undersøge, hvilke økonomiske og skovdykningsmæssige konsekvenser det har haft for caseområdet Nyrup Skov at ophøre med dræning. Opgaven er afgrænset til kun at beskæftige sig med produktions- tabet hos bøg, eg, ær og rødgran, da det er de fire dominerende arter i skoven.

Det er gennem et litteraturstudie vist, at reetablering af naturlig vandstand i Nyrup Skov grundet det kuperede areal primært vil have konsekvenser for de udvalgte arter i lavninger, samt i en højde på maksimalt 0,5 m omkring lavningerne. Det kan på baggrund af litteraturstudiet konkluderes, at produktionstabt vil være størst for bøg og ær og lidt mindre for rødgran, hvorimod stilkeg er mere tolerant over for en stigning i det sekundære grundvandsspejl. Det kan ligeledes på baggrund af litteraturstudiet konkluderes, at de i driftsplanen fastsatte boniteter stemmer overens med jordbundsforholdene i caseområdet.

Det er gennem en GIS-analyse kortlagt, at 1,19 ha af det samlede areal for de udvalgte træarter på 197,30 ha i april 2019 stod under blankt vand, 8,36 ha er lavninger med nedsat produktion, og 15,98 ha er områder på 0,5 m over lavninger. Der er sammenholdt med litteraturstudiet her fastsat procentvis produktionsstab, der dog for lavninger og området omkring disse er behæftet med en vis usikkerhed, grundet mangel på eksperimentelle undersøgelser.

Der er gennem en skovøkonomisk analyse beregnet, at det samlede produktionsstab for de fire udvalgte træarter har en venteværdi -3.729.302 kr. ved et forrentingskrav på 2%. Dette er et tab på 8% set ift. den samlede venteværdi for de fire udvalgte træarter på 46.236.363 kr. Der kan dog, som følge af manglen på eksperimentielle undersøgelser, ikke konkluderes noget entydigt ud fra dette resultat.

Opgaven skal derfor ultimativt ses som opbygning og anvendelse af en metodisk værktøjskasse, fremfor en entydig konklusion af produktionstabt i det konkrete caseområde.

8 Bibliografi

- Atlas Timber & Hardwood. (2022). Prislister efterår 2022. *Prislister efterår 2022*.
- Bergstedt, A. (2005). Træarternes anvendelse og produktionspotentiale. I J. B. Larsen, *Naturnær skovdrift* (s. 342-360). København: Dansk Skovforening.
- Bergstedt, A. (2018). *Skovdyrkning i praksis*. Frederiksberg C: Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning.
- Einfeldt, M. (22. januar 2009). *Miljøministerens svar på spørgsmål om driften af statsskovene*. Hentet fra Dansk Skovforening: <https://www.danskskovforening.dk/nyhed/miljoeministerens-svar-paa-spoergsmaal-om-driften-af-statsskovene/>
- Falk-Sørensen, F. G. (2023). *Dyrkningsstrategi for ær i renbestand*.
- GEUS. (12. maj 2023). *Produkter, ydelser og faciliteter*. Hentet fra geus.dk: <https://www.geus.dk/produkter-ydelser-og-faciliteter/data-og-kort/danske-kort/download-jordartskort>
- Holstener-Jørgensen, H. (1959). *Undersøgelser af eg, bøg og rødgran på grundvandpåvirket morænejord*. Frederiksberg: Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark.
- Hvalsø Savværk. (2022). Prislister efterår 2022. *Prislister efterår 2022*.
- Jazrawi, T. (2016). *Land og jord - en knap ressource under pres*. NOAH.
- Jensen, M., Larsen, J., & Tarp, P. (2005). Naturnær skovdrift og planlægningsmæssige perspektiver. I J. B. Larsen, *Naturnær skovdrift* (s. 386-400). København: Dansk Skovforening.
- Kjølby, V. (1958). Ær: Naturhistorie, tilvækst og hugst. I J. Abell, A. Sabroe, & P. Qvistgaard, *ÆR (Acer pseudoplatanus L.)* (s. 5-126). Frederiksberg: Dansk Skovforening.
- Kjær, T. W. (1998). *Skovøkonomi - det driftsøkonomiske grundlag*. Frederiksberg C: DSR Forlag.
- Larsen, J., Raulund-Rasmussen, K., & Callesen, I. (2005). Træartsvalget - de enkelte træarters økologi. I J. B. Larsen, *Naturnær skovdrift* (s. 139-169). København: Dansk Skovforening.

- Møller, C. M. (1977). *Vore skovtræarter og deres dyrkning*. København: Dansk Skovforening.
- Møller, P. F. (2000). *Vandet i skoven - hvordan får vi vandet tilbage til skoven?* København: Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.
- Møller, P. F., & Staun, H. (2017). *Danmarks træer og buske*. Hillerød: Koustrup & Co.
- Nord-Larsen, T., Johannsen, V. K., Riis-Nielsen, T., Thomsen, I. M., Bentsen, N. S., & Jørgensen, B. B. (2023). *Skovstatistik 2021*. Frederiksberg C: Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning.
- Nord-Larsen, T., Meilby, H., Lomholt, A., & Skovsgaard, J. (2009). Vidar - et program til opstilling af lokale produktionsoversigter. *Skoven*, 41(6-7), s. 290-292.
- PEFC Danmark. (2022). *PEFC Danmarks skovstandard PEFC DK 001-4*. Frederiksberg: PEFC Danmark.
- SCALGO. (13. Maj 2023). *Om os*. Hentet fra scalgo.com: <https://scalgo.com/da/about>
- SDFI. (23. Maj 2023). *Danmarks Topografiske Kortværk 1:25.000*. Hentet fra dataforsyningen.dk: <https://dataforsyningen.dk/data/956>
- SDFI. (12. Maj 2023). *Vores opgaver*. Hentet fra sdfi.dk: <https://sdfi.dk/vores-opgaver/dataindsamling/flyfotos-og-laserscanning>
- Smed, P. (1981). *Landskabskort over Danmark, blad 4*. Brenderup: Geografforlaget.
- Tillisch, E. (2001). Æren trænger sig frem. *Dansk Skovbrugs Tidsskrift*, 86. årgang, s. 1-96.

9 Bilag

Bilag I: Excelark med alle opgavens bagvedliggende beregninger er vedlagt afleveringen.