



---

# Etablering af frøplantage med douglasgran på Løvenholm Gods

Et bachelorprojekt der beskriver udvælgelse af genetik, metode til anlæg og den praktiske tilblivelse af frøplantagen. Ydermere laves en omsætningsbalance for frøplantagen.

## Establishing a seed orchard of douglas fir at Løvenholm Estate

The project describes the process of selecting genetics, the method for establishment and the practical creation of a seed orchard. Further, a revenue balance for the project is made.

**Kursus:** Bachelorprojekt

**Projektvejleder:** Thomas Nord-Larsen

**Forfatter:** Gorm D. Ulbjerg

**Studie ID:** ZX1449

**Uddannelse:** Skov- og Landskabsingeniør

**Hold:** 2022

**Afleveringsdato:** 16-06-2022 – Skovskolen Nødebo

**Bachelorprojektet er fortroligt.**

## Resume

Parisaftalen blev til i 2015 mellem 196 lande, og aftalens formål var at begrænse udledningen af CO<sub>2</sub> til atmosfæren for at begrænse klimaforandringerne. Et af værktøjerne i kampen mod klimaforandringerne er skovrejsning. Igennem fotosyntesen optages CO<sub>2</sub> og kulstoffet bindes i veddet, og bruges tømmeret efterfølgende til konstruktionstræ, så vil kulstoffet blive bundet endnu længere.

For at sikre skovtræsarter med høj produktion, god sundhed og stor udnyttelsesprocent på savværkerne er det vigtigt at kigge på genetikken i plantematerialet.

Bachelorprojektet beskriver arbejdsgangen fra idéfase til et færdigt projekt med genetik, metode og design til en frøplantage i arten douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*), med dertilhørende omsætningsbalance og følsomhedsanalyse. Frøplantagen etableres på Løvenholm Gods. Formålet med frøplantagen er, at den skal sikre frøforsyning af en klimatilpasset art i et marked, der er usikkert grundet den politiske situation i Naturstyrelsen, der i dag har fem ud af syv frøplantager i douglasgran.

Der er lavet et litteraturstudie af douglasgrans udbredelse, vækstvilkår og evnen til at klare fremtidens klima, som forventes at blive tørrere om sommeren og vådere om vinteren.

Til udvælgelsen af plustræer til frøplantagen, er der lavet en analyse og sortering af avlsværdier med fokus på egenskaberne tilvækst, stammerethed og sent udspring. Der udvælges plustræer i FP.262 Sønderskovgård og FP.278 Sebberup. Herefter er der undersøgt, hvilken metode, der med fordel kunne bruges i projektet til at sikre genetikken fra plustræerne. Metoderne seedling seed orchard og podning blev undersøgt igennem litteraturstudie og interviews med erfarne aktører.

Resultatet af avlsværdieanalysen gav 44 familier til etableringen i frøplantagen, og som sikrer genetiske forbedringer på egenskaber som tilvækst, stammerethed og sent udspring. Metodevalget blev seedling seed orchard, grundet større overlevelseshastighed og dermed lavere kulturomkostninger.

Igennem besigtigelse af arealet, hvorpå frøplantagen skal etableres, er der lavet et design, som kan sikre en god frøproduktion med mulighed for forædling. Det samlede areal er 8,8 hektar.

Der forventes en årlig produktion af frø på 24 kg på arealet, som forventes at kunne dække den kommende efterspørgsel på douglasgranfrø. Der vil endvidere blive indblandet nobilis (*Abies procera*) til pyntegrøntsproduktion for at sikre skovklima og tidlige indtægter.

De økonomiske kalkuler viser et dækningsbidrag III på kr. 8.590 pr ha pr år, og en jordværdi på kr. 282.755 pr hektar (v. 2% kalkulationsrente). Dækningsbidraget er ca. dobbelt så stort som andre skovtræsarter på Løvenholm Gods.

Følsomhedsanalysen viser, at et øget fokus på metoder til at øge koglesætningen vil hæve dækningsbidraget med op imod 30 %. Metoder som topkapning og rodskæring forventes afprøvet.

## Abstract

The Paris Agreement was established between 196 countries in 2015. Its purpose was to limit the carbon dioxide exchange to the atmosphere in hopes of limiting the climate changes. Carbon dioxide is absorbed through the photosynthesis and carbon is bound in the wood. If the lumber is used for construction afterwards, then the carbon dioxide will be tied up for even longer.

To ensure forest tree species with a high production, good health, and great advantage percent on the sawmills, it's important to have a further look at the genetics.

This bachelor project describes the procedure from idea to a finished product involving design and genetics for the seed orchard including economical calculations and analysis. The seed orchard will be placed on the grounds of Løvenholm Estate. The purpose of the seed orchard is to ensure the seed supply of a climate adjusted species in a market that's unstable due to the political focus in Naturstyrelsen, who today owns five out of seven seed orchards in douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*).

A literary study of the prevalence, growth conditions and the ability to survive the future climate, which is expected to be even dryer in the summer and wetter during the winter, has been made.

The selection of mother trees to this seed orchard is founded on an analysis of breeding values focusing on abilities such as growth, stem quality and late blooming. The mother trees come seed orchard FP.262 Sønderkovgaard and FP.278 Sebberup.

Hereafter it has been investigated which method that seems best in this project to ensure the genetics from the mother trees. The following methods seedling seed orchard and grafting were investigated through a literary study and interviews with experienced actors.

The result of the analysis of the breeding values led to 44 families in establishing the seed orchard, and the genetics improvements on growth, stem quality and some late blooming. The choice of method was seedling seed orchard due to its better survival rate and thereby lower planting costs.

The grounds, where the seed orchard will be placed, were inspected, and based upon this a design has been made. Its purpose is to ensure a good seed production with a possibility for improvement breeding. The area has a total of 8,8 hectares. A yearly seed production of 24 kilogram is expected from the seed orchard. An analysis of the seed production and import of seeds from douglas fir in Denmark shows that the seed amount from this seed orchard will cover the production of seed from Naturstyrelsen in case their work ceases. Furthermore, noble fir (*Abies procera*) will be mixed in for nobilis greenery with the purpose of ensuring the forest climate and to make an early income.

The economical calculations show a contribution margin III of DKR 8.590 per hectare per year, a land value at DKR 282.755. The contribution margin is around twice the amount of the other forest tree species at Løvenholm Estate. The sensibility analysis shows that an increased focus on methods how to increase the reproduction will increase the contribution margin up to 30%. Methods like topping off and cutting roots is expected to be tried out.

## Forord

Dette bachelorprojekt er udarbejdet i perioden januar 2022 til juni 2022, og beskriver etablering af en frøplantage i douglasgran på Løvenholm Gods. Projektet er et samarbejde mellem Levinsen A/S, kontaktperson Ulrik Kejser Nyvold, og Løvenholm Gods, kontaktperson Daniel Hintz.

Bachelorprojektet er målrettet således, at parterne kan etablere frøplantagen efterfølgende.

Jeg har igennem hele min studietid interesseret mig for forædling af skovfrø og har derudover arbejdet med frøplanter i samarbejde med Levinsen A/S, hvorfor dette projekt var en god mulighed for at lave et bachelorprojekt inden for emnet.

Arbejdet igennem min studietid har givet mig en praktisk forståelse for arbejdet med frøplanter, og dette bachelorprojekt har givet mig erfaringer inden for den teoretiske del af frøforædling.

I sommeren 2021 var jeg skovfogedelev på Løvenholm Gods i tre måneder, hvilket har givet mig forudsætninger for at kunne udtale mig om ejendommen og dens medarbejderstab, og især de økonomiske kalkuler for skovtræarterne på Løvenholm.

Jeg vil gerne benytte dette forord til at takke min vejleder, Thomas Nord-Larsen, for motiverende og konstruktiv vejledning under hele projektet, og for at hjælpe mig med at se tingene udefra, og holde en pause.

Desuden rettes en stor tak til Jon Kehlet Hansen fra Københavns Universitet for at hjælpe mig igennem arbejdet med avlsværdier og genetik i projektet, samt konstruktive diskussioner om emnet ”forædling af douglasgran”.

Jeg vil gerne takke Daniel Hintz og Ulrik Kejser Nyvold for sparring om frøplantagen og konstruktiv feedback på bachelorprojektet.

Sidst, men bestemt ikke mindst, vil jeg gerne rette en stor tak til den nærmeste familie for opbakning og støtte til bachelorprojektet.

16-06-2022 

**Dato:**

**Underskrift:**

Gorm Dissing Ulbjerg

Dato: 16-06-2022

Studie-ID: ZXL449

Københavns Universitet – Skovskolen Nødebo

**Anslag eksklusiv forside, indholdsfortegnelse og bilag: 132.500 (55,2 normalsider)**

**Der er bilag i papirstørrelse A3, som kan forvrænges, hvis de udskrives i A4.**

## Indholdsfortegnelse

Indledning.....	1
Problemformulering.....	3
Afgrænsning.....	3
<b>Del I: Teoretisk gennemgang .....</b>	<b>4</b>
Douglasgrans oprindelse.....	4
Vækstvilkår .....	5
Indførsel af douglasgran til Danmark.....	5
Dyrkning .....	6
Skadevoldere.....	7
Douglasgrantømmer.....	7
Forædlingsmetoder.....	8
Frøavlsbevoksning .....	8
Frøplantage .....	9
Jura.....	10
Forædling af skovfrø .....	10
Eksempel på forædling .....	11
Forædling af douglasgran i Danmark.....	11
FP.262 Sønderkovgaard .....	13
FP.278 Sebberup .....	14
Genetisk forædling af douglasgran internationalt.....	15
Forædling i USA.....	15
Forædling i Tyskland.....	15
Forædling i Frankrig.....	16
Markedsbeskrivelse douglasgranfrø.....	16
Genetik i projektet.....	18
Udvælgelse af familier .....	19
Avlsværdier .....	20
Standard .....	22
Avlsværdier i FP.262 og FP.278.....	23
Metode til analyse.....	23
Analyse af FP.262.....	24
Analyse af FP.278.....	24
Fremtidig tynding ud fra avlsværdier.....	25
Adgang til materialet .....	25
Praktisk metode til forædling af genetisk materiale .....	26
Podning.....	26
Seedling seed orchard .....	27

<b>Del II: Anlæg af frøplantage på Løvenholm Gods.....</b>	<b>29</b>
Beskrivelse af den tilkøbte ejendom .....	29
Klimatiske forhold.....	30
Trusler .....	31
Juridiske bindinger.....	32
Design af frøplantagen.....	33
Kulturanlæg .....	33
Logistik.....	34
Metodevalg Løvenholm.....	35
Design .....	35
Indblandingsart.....	36
Kulturpleje.....	38
Kulturplejeomkostninger.....	39
Tynding i frøplantagen.....	40
Økonomisk kalkule for frøplantagen.....	41
Præsentation af nøgletal fra omsætningsbalancen.....	43
Præsentation af nøgletal fra omsætningsbalance i nobilis.....	45
Følsomhedsanalyse.....	45
Diskussion.....	49
Fremtidens behov for frø.....	49
Videreførelse.....	49
Nobilis som indblandingsart .....	50
Omkostningstungt og viden.....	52
Metode til at fremme koglesætning .....	52
Rapport til Løvenholm Gods og Levinsen A/S.....	53
Konklusion.....	54
Perspektivering .....	55
<b>Bibliografi .....</b>	<b>56</b>
Bilag 1: Resultat af analyse FP.262.....	61
Bilag 2: Resultat af analyse FP.278.....	63
Bilag 3: Oversigtskort projektområde.....	64
Bilag 4: Planteplan frøplantage.....	65
Bilag 5: Detalkort frøplantage .....	66
Bilag 6: Omsætningsbalance frøplantage 1/4 .....	67
Bilag 7: Frøudbytte fra Landbrugsstyrelsen .....	72
Bilag 8: Omsætningsbalance Nobilis del 1/4.....	73

## Indledning

Afbrænding af fossile brændstoffer udleder store mængder af CO<sub>2</sub>, som er med til at øge mængden af drivhusgasser i atmosfæren. Det skaber klimaforandringer, der medfører temperaturændringer, der har store negative konsekvenser, som eksempelvis bortsmeltning af isen ved polerne, ændring af habitater m.m. (EU-kommissionen, 2021).

Klimaforandringerne er begyndt at vise sig ved, at nogle naturfænomener forekommer hyppigere. I dansk kontekst drejer det sig primært om varmere og tørrere somre, våde vintre og mindre nattefrost hen over vinteren (Miljøstyrelsen, 2021).

Der er internationalt et politisk fokus på klimaforandringerne, og der arbejdes på at lave tiltag, der har til hensigt at sænke udledningerne af CO<sub>2</sub> til jordens atmosfære for at undgå de førnævnte temperaturændringer.

I 2015 blev Parisaftalen indgået, hvor 196 lande på verdensplan indgik en aftale om at nedbringe udledningen af CO<sub>2</sub> og derved forhåbentlig at kunne reducere temperaturstigningerne. Parisaftalen ligger op til, at de enkelte lande selv må komme op med en række metoder til at nå det overordnede mål i 2050 (Klima, Energi- og forsyningsministeriet, 2021).

Flere eksperter peger på, at skovrejsning og skovdrift er vigtige redskaber i kampen mod klimaforandringerne. Dette skyldes, at træ igennem fotosyntesen optager CO<sub>2</sub> og binder kulstof i veddet og derefter udleder O<sub>2</sub> tilbage til atmosfæren (Nord-Larsen, et al., 2019).

Ved at benytte tømmer fra skovene til byggeri, møbler, spånplader m.m., som kan være i den samme tilstand i mange år, har man ydermere bundet kulstoffet i lang tid, indtil det kasseres. Når træ benyttes i byggeriet i stedet for eksempelvis stål og beton, der er meget CO<sub>2</sub> krævende at producere, opnås en substitutionseffekt ved, at der ikke udledes så meget CO<sub>2</sub>.

En anden fordel ved at benytte træ i byggeriet, er, at når byggeriet skal nedrives, så kan materialerne afbrændes og give varme, og dermed igen fortrænge brugen af eksempelvis olie og kul.

Det samme sker ved afbrænding af flis, i stedet for olie og kul, som er CO<sub>2</sub> ”tunge” at fremskaffe og afbrænde (Hilbert, et al., 2021) (Bergstedt, 2016).

For at sikre så høj en udnyttelsesprocent som muligt, når et træ skoves og opskæres, kræver det naturligvis skovdyrkning med henblik på produktion af egnede materialer, og ikke mindst et godt udgangspunkt i form af en plante med den bedst egnede genetik.

I Danmark er der i mange år blevet udført et stort forædlingsarbejde inden for både løv- og nåletræesarter med fokus på optimering af en række udvalgte egenskaber. Denne forædling har givet provenienser, som er kvalitetsmæssigt bedre, har højere tilvækst, er mere tolerante overfor skadevoldere og vejrfænomener samt bedre vedteknologiske egenskaber m.m. (Krogh & Glud, 2018).

Når skovejeren tilplanter et areal med en given træart med en given proveniens, lægges der beslag på arealet i årtier. For at mindske investeringsrisikoen er det derfor interessant at have fokus på hvilke tendenser, der opleves i forhold til klimaændringerne lokalt og derved foretage sit træartsvalg derudfra.

En rapport udfærdiget af European Forest Institute i 2019 har undersøgt, hvordan douglasgran kan klare de kommende klimaforandringer. Rapporten konkluderer, at douglasgran er den art, som formodes at blive den bedst tilpassede nåletræesart i Danmark og Europa (Spiecker, et al., 2019).

Naturstyrelsen er og har været en betydende spiller i forædling af skovtræarter i Danmark. Naturstyrelsen har således mange frøplantager, som er langt fremme med hensyn til forædling og genetisk kvalitet.

Naturstyrelsen er en politisk styret organisation, som er underlagt skiftende regeringer og dermed også skiftende driftshensyn. Dette skaber usikkerhed om forsyningssikkerheden, da det er vedtaget, ved en lovændring i naturbeskyttelsesloven, at der ikke må drives produktion eller skovdrift i nationalparker (Miljøministeriet, 2021). Derfor er der i de senere år opstået et større fokus fra sektoren på at udvikle konstellationer, som kan sikre den fremtidige frøforsyning samt forædling.

Behovet for frø forventes at stige i fremtiden af tre årsager;

- Effekten, som træer har i form af at kunne optage og binde CO<sub>2</sub> ved at benytte træet som konstruktionstræ.
- Stigende efterspørgsel på træ som en råvare. Der er begrænset skovareal i verden, hvilket betyder, at mængden af råtræ er begrænset. Verdensbefolkningen og levestandarden stiger, hvilket betyder øget behov for forbrugsvarer (Einfeldt, 2019).
- Der eksperimenteres med at bruge træ til andre formål end konstruktionstræ, som eksempelvis flybrændstof, brugen af træfibre til eksempelvis tøjproduktion og lignin som bindemiddel i asfalt m.m. (Nyström, 2021).

Dette betyder, at der allerede nu synes at være en mangel på træ (Bielefeldt, 2020), som en råvare på globalt plan, og det forventes at stige i takt med, at der kommer nye anvendelsesmuligheder af træet.



Løvenholm Gods ønsker i et samarbejde med Levinsen A/S at etablere en frøplantage i douglasgran på en nyligt opkøbt landbrugsejendom i nærheden af Auning. Levinsen A/S er en virksomhed, der handler med frø, har egne frøplantager og samarbejder med mange distrikter om frøproduktion. Levinsen A/S besidder en stor viden om frøproduktion, genetik og har salgskanalerne, hvorfor de er med i dette projekt.

For Løvenholm Gods anses douglasgran for at være den fremtidige hovedtræart på distriktet, hvorfor Løvenholm Gods har et langsigtet perspektiv, hvor man ønsker en forsyningssikkerhed på forædlet plantemateriale samt at sikre en fortsat forædling, da Naturstyrelsen ikke lige nu prioriterer arbejdet med forædling.

Det er desuden godsets hypotese, at en etablering af flere forædlede frøplantager vil være en lønsom investering og derfor er godset begyndt at opbygge en egentlig driftsgren med fokus på frøproduktion.

### Problemformulering

Løvenholm Gods og Levinsen A/S ønsker i et strategisk samarbejde at etablere en frøplantage i douglasgran på Løvenholm Gods. Målsætningen er at skabe en kommerciel frøplantage, hvor udgangspunktet er højt forædlet genetisk materiale, betydende høstvolumen og frekvent høst, som vil bidrage positivt til forsyningssikkerheden for douglasgranfrø.

Bachelorprojektet skrives som et todelt projekt, først med en teoretisk del og efterfølgende en praktisk del, der beskriver anlæggelsen af frøplantagen og de økonomiske kalkuler.

I den forbindelse bør en række forhold afklares:

- Hvilke kriterier er der for udvælgelsen af plustræer til frøplantagen?
- Hvilken type af frøplantage kan med fordel anlægges?
- Hvordan bør frøplantagen designes, så den dels opnår de ønskede målsætninger og dels kan etableres på det givne areal?
- Hvilken økonomi, herunder anlægsinvestering, likviditeretsflow og jordværdi kan forventes med det foreslåede design?

### Afgrænsning

Bachelorprojektet tager udgangspunkt i et allerede etableret udviklingssamarbejde mellem Løvenholm Gods og Levinsen A/S. Det betyder, at der i denne opgave ikke behandles andre aftalekonstellationer. Ligeledes tager de økonomiske beregninger udgangspunkt i tal og aftaler mellem de to parter.

Bachelorprojektets praktiske sigte er afgrænset til at foreslå etablering af en frøplantage på en given lokalitet på Løvenholm Gods, således udføres analyser med udgangspunkt i alternative lokaliteter ikke. Forædling ved hjælp af metoden kloning vil på baggrund af bachelorprojektets omfang undlades.

## Del I: Teoretisk gennemgang

I de følgende afsnit foretages en teoretisk gennemgang af fundamental information i forhold til udarbejdelse af dette frøplantageprojekt, herunder en beskrivelse af douglasgran, forædling og forædlingsmetoder. Derefter udvælges genetikken til frøplantagen. Disse emner vurderes relevant for læseren at kende til forud for bachelorprojektets Del II.

### Douglasgrans oprindelse

Douglasgran er en art, der oprindeligt kommer fra det vestlige Amerika. Her er den at finde fra Californien i syd til British Columbia i nord – se kort 1. Det store udbredelsesområde betyder, at der er store klimatiske forskelle, hvorfor douglasgran opdeles i tre typer.

De tre typer er følgende:

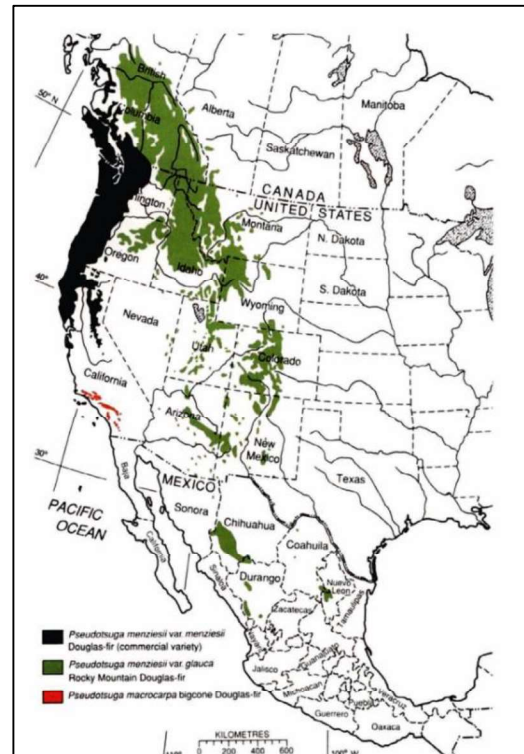
- Kysttype/grøn type (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*)
- Grå type (*Pseudotsuga menziesii* var. *caesia* (Schwerin) Franco)
- Indlandsarten/blå type (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beisn) Franco)

Kysttypen har sit udbredelsesområde markeret med sort på kort 1, fra det nordlige Californien til det sydlige British Columbia. Dens udbredelsesområde går fra kysten og ca.

500-600 kilometer ind i landet. Kysttypen er kendetegnet ved en hurtigere højdetilvækst og en større vedmasse-tilvækst end de to andre typer. Kysttypen er ikke så frosttolerant som indlandstypen, hvilket giver en række dyrkningsmæssige udfordringer – primært i kulturfasen.

Indlandstypens primære udbredelsesområde strækker sig fra det nordlige British Columbia ned til det nordlige af Wyoming – markeret med grøn på kort 1. Indlandstypen har en lavere højde- og vedmasse-tilvækst, men denne art er mere frosttolerant over for både forårsnattefrost og vinterudtørring.

Den grå type har udbredelse i det sydlige Californien markeret med rødt på kort 1, men dens tilvækst og højdevækst er ikke interessant under det danske klima, da tilvæksten er for lav i forhold til kysttypen (Spiecker, et al., 2019).



Kort 1: Udbredelseskort douglasgran i USA. Kilde: cf. (Spiecker, et al., 2019)

## Vækstvilkår

Klimaforholdene, der hersker, hvor kysttypen findes, er som følger:

- Middeltemperatur i juli: 20-30 °C
- Middeltemperatur i januar: -2.5 – 2.5 °C
- Nedbør over året: 600-3.000 mm, hvor gennemsnitlig nedbør i juni-august: 30 mm. pr. måned (ibid.)

Idet douglasgran trives ved lave mængder nedbør om sommeren, er førstfolkene begyndt at få øje for anvendelse af douglasgran i Europa, hvor nedbøren om sommeren er faldende og der oftere og oftere kommer tørke, som sidst set i Danmark i 2018 (Miljøstyrelsen, 2021).

Douglasgran har en stor jordbundsamplitude, og den trives i bjergområder med meget klippegrund i jorden til tørre, mere næringsfattige jorde. Her viser arten stadig en god tilvækst, sundhed og stormstabilitet i alderdommen. Dette giver mulighed for at plante douglasgran på forskellige typer af jordbunde og stadig opnå en god vækst, også på de sandede og næringsfattige lokaliteter.

Douglasgran trives ikke på stiv lerjord med ringe dræningsforhold, og generelt trives den ikke på våde/dårligt dræned lokaliteter (Bergstedt, 2016).

Douglasgran har en god evne til at forynge sig selv, især efter store forstyrrelser som skovbrande m.m. Den gode evne til selvfornyelse betyder, at arten har vundet indpas i de naturnært drevne skovdyrkningsystemer (Spiecker, et al., 2019), hvor selvfornyelse med en lille masse af overstandere, kan være en lagerbevoksning, grundet gode priser på stort douglasgrantømmer (Hvolris, 2022).

## Indførsel af douglasgran til Danmark

De første douglasgranfrø kom til Danmark fra USA i slutningen af det 18. århundrede. Der blev indført frø af både indlands- og kysttypen. Der blev i perioden fra 1890-1920 forsøgt flere tilplantninger med indlandstypen, men den mistrivedes under de danske forhold og havde endvidere en meget lav tilvækst. Det betød, at interessen for douglasgran faldt drastisk, indtil man i 1920'erne i Europa fandt ud af, hvad kysttypen kunne præstere under europæiske vækstforhold. Danmark har siden 1930'erne arbejdet forstligt med douglasgran af kysttypen, og deltaget i forsøg på europæisk niveau med fokus på især at finde de rette provenienser (Thomsen & Larsen, 2012).

I Danmark er arealet med douglasgran i 2019 opgivet til 6.742 hektar svarende til ca. 1,2 % af det samlede danske skovareal (Spiecker, et al., 2019). Der bliver plantet store arealer med douglas i dansk skovbrug, og igennem research til opgaven er der fundet frem til, at der er stor efterspørgsel på frø, og at det har der været i flere år (Nyvold, 2022), hvorfor det førnævnte tal fra 2019 allerede menes at være forældet.

## Dyrkning

De klimatiske forhold i Danmark i 2021:

- Gennemsnitlig årlig nedbør på 743 mm. Middelnedbør i juni-august på 70,2 mm.
- Middel temperatur i januar: 4,6°C
- Middeltemperatur i juni på 16,4 °C  
(DMI, 2022).

De klimatiske forhold giver gode vækstmuligheder for douglasgran, da forholdene er i retningen af artens naturlige udbredelsesområde.

Den største udfordring ved dyrkning af douglasgran i Danmark er frost (både forårsfrost og vinterfrost) og skader forårsaget af klovbærende vildt. Sen forårsnattefrost kan forvolde store skader på de nye grønne skud. Douglasgran af kysttypen kommer fra områder, hvor der sjældent er sen forårsnattefrost, hvorfor denne har et tidligt udspring (Spiecker, et al., 2019).

Frostudtørring i vintermånederne har også vist sig at være en udfordring i kulturetableringen af douglasgran under danske forhold (Hansen, 2007). Dette skyldes, at de små douglasgranplanter ofte er dækket af sne i USA hen over vinteren, som isolerer knopperne imod frostudtørring. Dette er sjældent tilfældet under danske forhold.

Der er lavet forsøg med forskellige provenienser, hvor knopskader ved hård frost er blevet undersøgt. I dette forsøg kunne blot konstateres, at alle provenienser og typer af douglasgran tog stor skade ved hård frost/vindudtørring (Hansen, 2007).

Douglasgran har en tendens til at få en skæv stammeform, hvis den plantes i områder med stor vindpåvirkning, pga. dårlig genetik, eller at den plantes for skævt. Dette fænomen kaldes for sabelvækst. Denne deformitet på stammen har betydning for indtægten ved salg af tømmeret fra douglasgran, da der ofte skal skæres en klods af bundstokken.

Douglasgran begynder først at være vind- og stormstabil omkring 40-50-årsalderen. Derfor plantes douglasgran ofte i indblanding med mere stormstabile arter, som rødgran (*Picea abies*), grandis (*Abies grandis*) eller sitkagran (*Picea sitchensis*). De skal yde stabilitet frem til 40-50-årsalderen, hvor de ofte afdrives (Hansen, et al., 2016).

En rapport udfærdiget af EFI (European Forest Institute) i 2019, har undersøgt douglasgran og dens evne til at klare de kommende klimaforandringer i Europa. Undersøgelserne fra rapporten viser, at der bliver plantet meget douglasgran i Europa – og særligt lande som Tyskland, Frankrig og Holland tilplanter årligt store arealer. Dette skyldes primært troen på, at douglasgran er en art, som er tilpasset fremtidens klima med lave mængder nedbør, af og til med tørke i sommerperioden, og store mængder nedbør i efteråret og hen over vinteren. (Spiecker, et al., 2019).

## Skadevoldere

Der findes to arter af svampe, der kan forvolde skade på douglasgran under danske forhold. Det drejer sig om douglasiesprækkesvamp (*Rhabdocline pseudotsuga*) og douglasiesodskimmel (*Phaeocryptopus gäumannii*).

Douglasiesprækkesvamp inficerer de nye nåle under udspringet i løbet af foråret, og hen over sommeren spredes svampen i nålene. Når den første efterårsfrost kommer, misfarves nålene og i løbet af det efterfølgende forår falder nålene af. De to indlandstyper (grå og grøn) inficeres ofte af svampen, mens flere forsøg og observationer viser, at kysttypen meget sjældent inficeres (Thomsen & Ravn, 2009).

Douglasiesodskimmel er også en nålesvamp, men svampen har flere vækstsæsoner. Det betyder, at misfarvning og nåletab først ses tre-fire år efter inficeringen, hvorfor skaderne sjældent ses på årsskuddene. Der ses ofte angreb i Danmark, og svampen vurderes kun at være skadelig, hvis der sker infektion flere år i træk, hvilket medfører total afløvning. Svampen ses hyppigt på alle tre typer af douglasgran i Danmark (ibid.).

I kulturfasen er douglasgran særligt udsat for bid- og fejeskader fra klovbærende vildt, hvilket kan have store konsekvenser for kulturplanterne. Dette kan undgås ved hegning eller hyppig behandling med TRICO (Bergstedt, 2016). Indtil douglasgran opnår den tykke korkbark, bliver den bidt og skrælet, især af kronvildt, som ynder at spise barken. Disse skader er omkostningstunge for et skovdistrikt, idet der bl.a. kommer råd i bundstokken, hvilket medfører øget risiko for stormfald. Der er forsøgt med flere typer behandling af douglasgran. Bl.a. har man forsøgt at frembringe større mængder harpiks på stammen, med en bestemt type høvl, og den harpiks skulle smage dårligt og derved gøre, at dyrene ikke har lyst til at bide i barken (Bodal-Lauridsen, 2021).

## Douglasgrantømmer

Douglasgran har en gennemsnitlig årlig tilvækst på bonitet I over en omdrift på 62 år: 20,1 m<sup>3</sup> pr hektar pr år (Karlberg, 1990).

Fra det danske træartsforsøg, hvor der rundt på 12 forskellige vækstlokaliteter i Danmark, blev plantet de samme arter, viser undersøgelser, at douglasgran efter 48 års vækst, har haft en gennemsnitlig biomassetilvækst på 9,3 tons tørstof pr hektar pr år. Hvorimod rødgran ligger på 9,9 tons tørstof pr hektar pr år, og sitkagran ligger på 10,6 tons tørstof og grandis på 10,9 tons tørstof (Nord-Larsen & Pretzsch, 2017). Forsøget viser, at douglasgran har en tørstofproduktion, der ligger i den bedre ende. Igennem forædling med fokus på tilvæksten, forventes produktionen af tørstof allerede at være højere i dag med de nye provenienser.

Douglasgrantømmer er i kategorien ”røde” arter, da kerneveddet har en rødlig farve. Tømmeret er velegnet til konstruktionstræ i Danmark, men da udbuddet endnu ikke er så stort, bliver meget

douglasgrantømmer solgt som langtømmer til specialkunder (Hvolris, 2022). Prisstatisikken fra Dansk Skovforening fra 3. kvartal 2021 viser, at langtømmer af ”røde” arter sælges for mellem kr. 700-900 pr m<sup>3</sup>, korttømmer sælges for mellem kr. 400-550 pr m<sup>3</sup> og emballagetræ sælges fra kr. 325-440 pr m<sup>3</sup> (Dansk Skovforening, 2021). Langtømmer/specialtømmer af stort douglasgran kan dog sælges til priser over kr. 1.500 pr m<sup>3</sup>, hvis den rigtige kunde findes til det (Hvolris, 2022).

For at kunne opnå så høje priser for douglasgrantømmer, kræver det store dimensioner, gerne opstammet og retvokset tømmer. Douglasgran er en art, som er yderst stormstabil og sund i alderdommen, hvilket gør arten til en god ”lager-art”, fordi værditilvæksten topper ved en høj alder og stor dimension i modsætning til andre arter som rødgran og sitkagran. Derfor vinder arten mere og mere frem i dansk skovbrug, ofte i de førnævnte blandinger.

Tilvæksten i kombination med tilpasning til tørke, stormstabilitet i alderdommen, prisen på tømmeret og det faktum, at douglasgran ikke rammes af så mange skadevoldere som eksempelvis sitkagran og rødgran, gør, at douglasgran er en art, der er interessant for dansk skovbrug.

## Forædlingsmetoder

I dette afsnit vil der indledningsvist fremføres en kort beskrivelse af frøavlsbevoksning og frøplantager, efterfulgt af en kort beskrivelse af den juridiske del af handel med skovfrø. Dette afsnit skal hjælpe læseren med at forstå begreber anvendt senere i bachelorprojektet.

## Frøavlsbevoksning

Den første metode kaldes ”udvalgt materiale”. Såfremt en bevoksning, af eksempelvis douglasgran, har et fænotypisk flot udseende og er vital, kan den kåres. En kåring er en bedømmelse, hvor der vurderes, om bevoksningen er fænotypisk bedre end gennemsnittet for arten i Danmark under de gældende vækstvilkår. Ydermere er der krav til antallet af individer i bevoksningen for at undgå indavl. Kravet ændres fra art til art, men varierer ofte med 20-50 træer i bevoksningen (Nyvold, 2022). Der er endvidere et afstandskrav til andre træer af samme art for at sikre, at der ikke sker bestøvning med ”ikke kåret materiale”.

Afstandskravet varierer fra art til art, alt efter hvor langt pollen fra den enkelte art kan flyve, samt orientering i forhold til vindretning. Afstandskravet vurderes fra kåring til kåring af Kåringsudvalget.

Der kan kåres i fem kategorier:

- Vedproduktion
- Juletræer/ pyntegrønt
- Værn- og læplantningsformål
- Parktræer og alleer
- Biomasse

(Ministeriet for Fødevarer, Fiskeri og Landbrug - Landbrugstyrelsen, 2022).

Den samlede vurdering og kåring udføres af Kåringsudvalget. Kåringsudvalget er udpeget af Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og består af ti udvalgte medlemmer, der tilsammen repræsenterer privat skovbrug, offentligt skovbrug og udvalgte forskere fra landets universiteter.

Bliver en bevoksning kåret får den et frøavlsbevoksningsnummer, som eksempelvis F.290 Frijsenborg (*Thuja plicata*) og kaldes herefter en frøavlsbevoksning. Kåres en bevoksning på en ejendom, må der indsamles og sælges frø fra denne. Der lægges ikke yderligere restriktioner på bevoksningen, hvorfor almindelig skovdrift derfor sagtens kan fortsætte.

Der betales et registreringsbeløb pr bevoksning, som ønskes vurderet og kåret. I år 2022 er det på kr. 5.149. Derudover skal der årlig betales en afgift for at have bevoksningen på listen over kårede bevoksninger på kr. 416 pr år. Der betales et gebyr på kr. 2.513 til stambogscertifikat pr. gang der plukkes kogler/frø (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2020).

### Frøplantage

Den anden metode til at arbejde med forædling af genetisk materiale er ved at etablere en frøplantage. Her forædles på genotypen, hvorimod i frøavlsbevoksninger, hvor det er fænotypisk (udseende), og der udvælges enkelte plustræer i frøplantager eller kårede frøavlsbevoksninger, som har de egenskaber der ønskes forædlet. Frø fra de udvalgte træer opdyrkes til planter eller pødekviste podes på grundstammer, og man har herigennem forædlet eller kopieret genotypen. Ofte laves der en afkomsbedømmelse forud for frøsætning i den nye frøplantage, hvor afkommet vurderes og dårlige individer fjernes for at sikre en bedre forædling.

Første gang der udvælges plustræer og frøplantagen etableres, kaldes forædling for 1. generation. Forædler man så videre på afkommet fra frøplantagerne, kan man igennem test og afprøvning få lavet en 2. generations forædling i en bestemt art og systemet fortsættes.

En frøplantage skal ligeledes vurderes af Kåringsudvalget og kåres denne, får den eksempelvis betegnelsen FP.262 Sønderkovgaard. Omkostningerne til registrering, stambogscertifikat m.m. er de samme som til en frøavlsbevoksning (ibid.).



Hvis der laves forsøg eller analyseres på avlsværdier i en frøplantage, kan denne kåres i en ekstra kategori, som kaldes ”afprøvet”. Det betyder, at man kan dokumentere, at de genetiske forbedringer i frøplantagen er bedre end den proveniens man sammenligner med. Dette beskrives senere i bachelorprojektet.

## Jura

Bekendtgørelsen om Forstligt Formeringsmateriale (BEK nr.1725 af 01/12/2021) dikterer, hvilke regler, der er gældende inden for kåring, handel, import og eksport af skovfrø i Danmark. Af vigtige paragraffer i bekendtgørelsen kan nævnes §7, som dikterer, at kun godkendt genetisk materiale må markedsføres og sælges. Det vil sige, at ønsker man at sælge skovfrø, skal bevoksningen kåres. Det er dog lovligt at indsamle frø til at dække eget plantebehov indenfor en skovejendom, uden en kåring.

§§8-11 dikterer, hvordan godkendelsen kan ske, hvilke kategorier, der kan godkendes inden for og hvem der kan ansøge om godkendelse. Det kun er jordbesidderen, der kan ansøge om kåring.

Ønsker man at samle frø fra sin kårede bevoksning, skal man indsende en anmeldelse til Landbrugsstyrelsen senest 10 dage før arbejdets begyndelse. Efter endt arbejde skal man melde tilbage, hvor meget frø eller kogler, der er blevet indsamlet, betale et gebyr og herefter bliver der udstedt et officielt stambogscertifikat, som følger frøpartiet hele vejen og beviser dets lovlighed. Dette sker jf. §13 i bekendtgørelsen.

Yderligere paragraffer i bekendtgørelsen er ikke relevante for denne opgave, og vil derfor ikke blive nævnt yderligere. Slutteligt er der i bilag 2 i bekendtgørelsen lavet en oversigt over hvilke arter, der er indbefattet af bekendtgørelsen (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2021).

## Forædling af skovfrø

Afprøvning og forædling af skovtræsarter har været praktiseret i Danmark siden 1910'erne (Nyvold, 2022), hvor der især har været fokus på forædling af nåletræsarterne og nordmannsgran til juletræer og nobilis til pyntegrøntsproduktion.

I Danmark har Naturstyrelsen haft en stor driftsgren med forædling af arter; både til skovbrug, juletræer og læhegnsplanter. Det betyder, at store dele af de gamle frøplantager er ejet og driftet af Naturstyrelsen. Med de politiske hensyn, som arbejder over imod urørt skov med større fokus på biodiversitet og hjemmehørende arter, er der skåret ned for pleje og etablering af nye frøplantager i Naturstyrelsen (Nyvold, 2022). Hvordan den fremtidige drift af disse plantager skal ske, er endnu ukendt.

Siden slutning af 1960'erne er private aktører kommet ind på frøforædlingsmarkedet, og i dag har HedeDanmark en betydende division kaldet HDSeed, som arbejder med forædling, hvor de bl.a. har FP.625 C.E. Flensborg med sitkagran, FP.636 Truust med hybridlærk (*Larix eurolepis*). Ydermere arbejder



HedeDanmark med forædling af en lang række andre arter, og de importerer også store mængder nordmannsgranfrø fra Georgien (HDSeed, 2022).

En anden stor privat aktør er Levinsen A/S, som har arbejdet rigtig meget i forædling af nordmannsgran og nobilis. Ydermere har Levinsen A/S mange kårede frøavlsbevoksninger i hele Danmark og i Tyskland, hvor de indsamler frø fra mange skovtræs- og buskarter (Nyvold, 2022).

Igennem forædling af arterne har man mulighed for at fremme og forbedre udvalgte træk ved arten. Træk, som arbejdes med inden for eksempelvis douglasgran, er forbedret stammerethed, senere udspring (for at undgå forårs frostskafer) og en større tilvækst m.m.

### Eksempel på forædling

Et eksempel på forædling af sitkagran er sket ved etablering af den førnævnte FP.625 C.E Flensborg, der blev anlagt i 1965. Til etableringen af frøplantagen er der udvalgt 32 plustræer fra en række bevoksninger på Frijsenborg, Meilgaard, Sostrup, Lindenberg, Silkeborg Statsskovdistrikt og Linaa Vesterskov. De 32 plustræer er udvalgt ud fra kriterierne; stammeform, vækst, grenkvalitet (lille knaststørrelse) og sundhed.

Frøplantagen er anlagt som en seedling seed orchard (mere om denne metode længere fremme i opgaven- herefter forkortet SSO), hvor man har samlet frø fra de udvalgte plustræer, hvor genetik fra mor er kendt, men genetik fra far er ukendt. Dernæst har man efterfølgende lavet en fænotypisk tynding, for at fjerne de træer med dårlig genetik fra faderen.

Igennem afkomsforsøg og sammenligning af afkom med andre gode danske sitkagran provenienser, er man kommet frem til, at den forædling, som er foretaget i FP.625, har givet en øget volumen over en omdrift på 24 %. Derudover er der opnået en forbedring af stammeformen på 5 %, men der er samtidig sket en forringelse på tvegedannelse og overlevelseshøjde i kulturstadiet (Krogh & Glud, 2018). Ovenstående er ét ud af mange eksempler på, hvordan forædling kan fremme en bestemt træart ud fra en række udvalgte kriterier.

### Forædling af douglasgran i Danmark

I Danmark er der en række frøkilder inden for douglasgran. Der findes ti kårede frøavlsbevoksninger med douglasgran i Danmark (Miljø- og Fødevarer Ministeriet, 2020a). Undersøger man, hvor genetikken i de kårede frøavlsbevoksninger stammer fra, er det primært fra Linaa Vesterskov og Langesø. Oprindelsen på Linaa Vesterskov og Langesø er ikke kendt alt sammen, men meget menes at stamme fra USA i området omkring Darrington (Nyvold, 2022). De er primært kåret ud fra stammerethed, sundhed og sent udspring.

Der er syv danske frøplantager med douglasgran og to ud af de syv frøplantager er ejet af private aktører og resten er ejet af Naturstyrelsen (Miljø- og Fødevarer Ministeriet, 2020a).

### Frøkilder i Danmark

I de to følgende tabeller er der lavet en oversigt over de fem ud af de syv frøplantager, som pt. er kåret med douglasgran i Danmark. Derudover er der tilføjet information om to frøavlsbevoksninger, som er relevant at kende oprindelsen på længere fremme i opgaven. De to frøplantager, der skal levere genetikken til frøplantagen på Løvenholm, er nærmere beskrevet efter tabel 1 og 2.

*Tabel 1: Oversigt over frøplantager i Danmark. Tal i parentes beskriver antal plustræer valgt, hvis undladt så ukendt. Kilde: (Miljø- og Fødevarer Ministeriet, 2020a,g)*

Navn	FP.229/228 Gurre Vang	FP.232 Le Lavercantiere	FP.277 Mosemark Skov	FP.210 Sorø
<b>Anlægsår</b>	1957	1976	1999	1961
<b>Areal</b>	4,1 hektar	4 hektar	2,1 hektar	1,9 hektar
<b>Ejer</b>	Naturstyrelsen	Naturstyrelsen	Naturstyrelsen	Stiftelsen Sorø Akademi
<b>Oprindelse af plustræer</b>	Anlagt som SSO F.280 (Hvidkilde)(42 plustræer) – kommer fra Langesø materiale	Anlagt som podning med plustræer fra proveniensforsøg Buderupholm og Kompedal. Med Darrington oprindelse (120 plustræer).	Anlagt som SSO. Materiale fra: FP.210 (25) FP.228 (16) FP.229(1) F.448 Stendalen (26) F.398 Silkeborg (10) F.580 Linaa Vesterskov (27)	Anlagt som podning med de bedste træer fra: Linaa Vesterskov Guldborgland Stursbøl Kompedal Klosterheden Randbøl Baldersbæk -Gludsted (26 plustræer totalt)
<b>Kriterier plustræer</b>	Finkvistethed Modstandsdygtig overfor sodskimmel Stammerethed	Sent udspring, stammerethed og højdevækst. Fokus påvedkvalitet.	Tilvækst, stammerethed, sent udspring og finkvistethed.	Sundhed, hårdførhed, rethed og grenkvalitet.
<b>Forbedring ved afkom</b>	Bedre stammerethed	God stammerethed, men udfordringer med sen modning hvilket giver frostskaer i efteråret.	Sent udspring, bedre stammerethed og tilvækst på niveau med gennemsnit af DK douglasgran.	Sent udspring God stammeform Relativt langsom vækst.
<b>Mulighed for at købe afkom i 2022</b>	Ja	Ja	Ja	Nej

*Table 2: Oversigt over frøplantage og frøavlsbevoksninger i Danmark, tal i parentes viser antal plustræer, hvis ingen parentes så ukendt. Kilde: (Miljø- og Fødevarer Ministeriet, 2020a,g)*

Navn	FP.659 Tophøj	F.421 Langesø	F.618 Ruehede (Langesø)
<b>Anlægsår</b>	2011	1940	1953
<b>Areal</b>	3 hektar	1,1 hektar	2,7 hektar
<b>Ejer</b>	HedeDanmark-HDSeed	Langesø Gods	Langesø Gods
<b>Oprindelse af plustræer</b>	Anlagt som SSO F.488 Stendalen (41) F.812 Valskov (6)	Anlagt som SSO. Afkom fra F.58 Langesø	Anlagt som SSO. Oprindelse F.58 Langesø
<b>Kriterier plustræer</b>	Stammerethed Kvalitet Sent udspring	Stammerethed Kvalitet God tilvækst	Stammerethed Kvalitet God tilvækst
<b>Forbedring ved afkom</b>	Bedre stammerethed	Ringere stammeform end gennemsnit Bedre tilvækst	Ringere stammeform end gennemsnit Gennemsnitlig tilvækst
<b>Mulighed for at købe afkom i 2022</b>	Nej	Nej	Nej

### FP.262 Sønderskovgaard

Frøplantagen Sønderskovgaard er anlagt i 1994 og er beliggende på Sydfyn. Frøplantagen er ejet og driftet af Naturstyrelsen. Arealet er ca. 2 hektar.

Genetikken i frøplantagen er bestående af udvalgte plustræer både i kårede danske bevoksninger og frøplantager. Der er i alt udvalgt 43 plustræer i følgende frøplantager: FP.210 Sorø, FP.228 Gurre Vang, FP.229 Gurre Vang og FP.232 Lavercantiere (fransk).

Der er udvalgt 54 plustræer i alt i kårede frøavlsbevoksninger: F.488 Stendalen, F.398 Silkeborg og F.580 Linaa Vesterskov.

Frøplantagen er anlagt som en SSO og med parceller med tre træer i hver fra samme plustræ. Ydermere er der udplantet fire standarder for at kunne sammenligne; F.421 Langesø, F.488 Stendalen, FP.323 Lavercantiere og Matlock (amerikansk materiale) (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2020f). Standarderne fjernes efter endt måling af avlsværdier og inden, frøplantagen begynder at sætte frø.

Plustræerne er udvalgt ud fra stammerethed, vækst, sent udspring og generel sundhed. Der blev i år seks fra anlæg målt avlsværdier og sammenlignet med standarderne, og i år ni blev stamtallet i hver parcel

reduceret med 66 %. To ud af de tre træer med samme moder blev tyndet væk ud fra en vurdering af stammerethed og sundhed. Efter 19 år er afkommet blevet sammenlignet med standarderne, og der er væsentligt bedre stammerethed, men der er ikke statistisk forskel på tilvækst mellem standarderne og plustræerne.

Der er planlagt tyndinger ud fra avlsværdierne i plantagen, og det er målet med disse tyndinger at få skabt en frøplantage, som giver afkom, der har en tilvækst på niveau med de danske standarder, og en stammerethed, der er lidt bedre end gode danske frøkilder.

Stamtallet i plantagen efter sidste tynding vil ligge på mellem 150-300 stk. pr hektar (Hansen, et al., 2015).

### **FP.278 Sebberup**

Frøplantagen i Sebberup er anlagt i 1997, beliggende lige nord for Hedensted i Østjylland og ejes af Naturstyrelsen. Arealet er 0,5 hektar.

Genetikken stammer fra FP.232 (beliggende i Frankrig), hvor der blev udvalgt 48 plustræer. De 48 plustræer er udvalgt for sent udspring, stammerethed, god tilvækst og ingen markant overgang mellem høst- og vårved (vedkvalitet). Oprindelsen til FP.232 er plustræer fra Kompedal og Buderupholm, som har oprindelse i Darrington USA.

Frøplantagen er designet med plantning af fem træer fra samme moder på række plus en plante fra F.618 Ruehede (Langesø) i samme parcel, som bruges som standard (Hansen, 2022). Der vurderes løbende avlsværdier i form af tilvækst (dbh), udspring, vurderet stammerethed og antal tveger. Disse data bruges til at tynde de fem træer ned til det bedste i hver parcel, for at lave en yderligere genetisk forædling. Denne kraftige stamtalsreduktion ved alder år 16 har medført en stor forædling med fokus på rette og vækstkraftige individer. (Hansen, et al., 2016)

Ved vurdering af avlsværdierne for FP.278 har man sammenlignet med standarden fra F.618 Langesø. Efter 16 år adskiller afkommet af klonerne sig fra standarden, ved at have en markant bedre rethed og markant færre tveger. Ydermere viste målinger to år efter anlæg en meget bedre overlevelse af materialet fra FP.232 sammenlignet med F.618.

Efter sidste tynding, hvor stamtallet blev reduceret til 150 stk. med fokus på træer med høj tilvækst og god stammerethed, viser sammenligning af avlsværdier med standarden, en tilvækstforøgelse på 20-25 % og en forbedring på stammerethed med 24 %. (Miljø-og fødevareministeriet, 2020g).

## Genetisk forædling af douglasgran internationalt

I de følgende afsnit foretages en kort beskrivelse af forædlingsarbejdet i USA, Frankrig og Tyskland. Disse tre lande har arbejdet meget med forædling af douglasgran og opnået genetiske forbedringer på flere egenskaber.

### Forædling i USA

Forædling af douglasgran har foregået på et højt niveau i USA siden 1950'erne. Her begyndte et samarbejde mellem private og offentlige aktører, hvor der blev indsamlet frø fra en række udvalgte plustræer fra de forskellige naturlige skove. Der blev allerede dengang udvalgt plustræer ud fra kvalitet, sundhed og vækstkraft (Spiecker, et al., 2019).

I dag eksisterer frøplantager med douglasgran, som er af 2. og 3. generation forædlet materiale fra de oprindelige frøområder. I USA er forædlingen af douglasgran meget fokuseret på en højere vedmasseproduktion over en omdrift med fokus på, at den høje tilvækst ikke forringer kvaliteten af træet, så tømmeret fortsat kan anvendes som konstruktionstræ. Den høje vedmasseproduktion skal sikre korte omdrifter, gerne kortere end 60 år, og et så højt økonomisk udbytte som muligt.

USA har inddelt douglasgrans udbredelsesområder i nogle forskellige frøzoner, hvor den enkelte zones douglasgran har nogle bestemte træk, som der arbejdes med i denne zone og som er karakteristisk for denne (Talbert & Marshall, 2005).

Der er lavet et forsøg med 2. generations forædlede frømateriale fra kysttypen, der viser en øget tilvækst over omdriften og med en meget lille forringelse af vedets kvalitet, her målt ved densitet. I det beskrevne forsøg er der opnået en forbedring af volumentilvæksten over en omdrift på ca. 25 %, i forhold til kontroltræerne fra 1. generation (ibid.). Der er endvidere ikke tegn på, at det genetisk forbedrede materiale bliver ramt af skadevoldere eller er særligt frostudsat. Douglasgran forædling i USA er på niveau med den danske forædling (Nyvold, 2022).

### Forædling i Tyskland

I Tyskland har man forsøgt at inddrage douglasgran i skovbruget siden slutningen af det 18. århundrede, hvor man forsøgte sig med import af frø fra USA. I dag er ca. 2 % af Tysklands skovareal dækket af douglasgran (Spiecker, et al., 2019).

Hurtigt fandt de tyske skovforvaltere ud af, at planter fra indlandstypen ikke trives under de tyske vækstforhold. Desuden var tilvæksten for dårlig. Kysttypen klarede sig væsentligt bedre i det tyske klima, samtidig med at den havde en god volumentilvækst.

Frøene blev hentet mange forskellige steder i USA, og for at prøve at systematisere, analysere og sikre egen frøproduktion blev der i 1920 lavet det første proveniensforsøg.

I det 21. århundrede arbejdes der meget med forædling i Tyskland med fokus på få lavet en douglasgran genetik, der vil være tilpasset det fremtidige klima i Europa. Derfor anlægges frøplantager med frø fra udvalgte bevoksninger i hele Tyskland. I 2019 havde Tyskland 75,7 hektar med kårede bevoksninger og frøplantager med afprøvet afkom (Spiecker, et al., 2019).

Der er ikke fundet egnet materiale i Tyskland, som ønskes brugt i den kommende frøplantage på Løvenholm, da forædlingsniveauet er lavere end det danske.

### **Forædling i Frankrig**

Frankrig har et areal på 420.000 hektar skov tilplantet med douglasgran, hvilket gør dem til det land i Europa med det største areal douglasgran til produktion af tømmer (Spiecker, et al., 2019).

Siden 1970'erne har den franske regering arbejdet med forædling af douglasgran, hvilket har ført til en 1. generations forædling. Det er blevet til otte frøplantager, som til sammen hvert år giver ca. 5 millioner frø til det franske marked. Fokus har været på kvalitet (stammerethed), sygdomsresistens, tilvækst (både højde og volumen) og sent udspring (Spiecker, et al., 2019).

Frankrigs regering har nedsat en arbejdsgruppe, som skal arbejde med at lave frøplantager med planter, som er genetisk tilpasset til fremtidens klimaudfordringer. Dette skyldes, at Frankrig gerne vil bevare sin markedsandel på douglasgrantømmer. I 2018 blev der skovet ca. 3.000.000 m<sup>3</sup> douglasgran tømmer i Frankrig. Denne andel forventes kun at stige i takt med stigende efterspørgsel på bæredygtigt produceret træprodukter til byggeri m.m. (France Douglas, 2022).

Der er ikke fundet egnet materiale i Frankrig, som ønskes brugt i den kommende frøplantage på Løvenholm, da forædlingsniveauet er lavere end det danske.

### **Markedsbeskrivelse douglasgranfrø**

I bilag 7 ses udbyttet af douglasgranfrø samlet i danske frøavlsbevoksninger og frøplantager i perioden fra årene 2000-2020. I perioden er der blevet høstet 294,7 kg frø (Landbrugsstyrelsen, 2022). Der er blevet høstet kogler i syv bevoksninger, hvoraf de fire af bevoksningerne er ældre bevoksninger, hvor udbyttet er faldende grundet bevoksningernes højde og stigende høstomkostninger. Derfor forventes fire af bevoksningerne at falde fra som frøkilder inden for de næste 10-15 år, da omkostningerne til plukning af kogler bliver for høje til at kunne sikre et positivt dækningsbidrag. Det drejer sig om FP.210, FP.228, FP.229 og F.424.

Der er tre frøplantager tilbage, som forventes at give frø med god genetik. Det drejer sig om FP.262 på 2 hektar, FP.277 på 2,1 hektar og FP.278 på 0,5 hektar; altså et samlet areal på 4,6 hektar. Alle tre frøplantager er ejet af Naturstyrelsen, og som beskrevet i indledningen, er forandringer på vej i driften af arealer ejet af dem.

I 2022 vil Levinsen A/S forsøge at få kåret en frøavlsbevoksning i det midtjyske med douglasgran fra år 2000 med genetik fra FP.232 (Le Lavercantiere). Den er ejet af en privat aktør og den forventes at kunne bidrage med store mængder frø til markedet.

HedeDanmark har også etableret en frøplantage med douglasgran, ved navn FP.659 Tophøj, som forventes at give frø inden for otte-ti år.

Importen af douglasgranfrø i samme periode viser, at de danske planteskoler efterspørger frøene. Der er i samme periode blevet importeret 1.129,3 kg. frø, primært fra USA, Canada, Frankrig og Tyskland. Det viser, at planteskolerne efterspørger frøene, men grundet manglende udbud i Danmark, de disse importeret udefra. Det viser, at der er en mulighed i markedet.

I perioden fra 2016 og frem er der sket en stigning i importen af frø og 36 % af den samlede mængde importerede frø er hentet de sidste fem år. Dette viser således stigende tendens på efterspørgslen af douglasgranplanter, hvor størstedelen af planterne sælges til udlandet (Nyvold, 2022). Denne stigning vurderes funderet i douglasgranens egenskaber i det kommende klima – se tabel 3.

*Tabel 3: Oversigt over importeret frø og frø produceret i Danmark i perioden 2000-2020. Kilde: (Landbrugsstyrelsen, 2022)*

År	Indført mængde frø	
	Import	Produceret DK
	<i>Kg</i>	<i>kg</i>
2000	56,8	33
2001	63,4	3,6
2002	79,6	0
2003	31,5	3,6
2004	51,2	0
2005	48,9	1,3
2006	144	0
2007	32,9	12,7
2008	39,1	0
2009	59,9	122,1
2010	37,8	0
2011	0	0
2012	30,3	26,8
2013	0	0
2014	52,1	13,1
2015	0	0,5
2016	42,2	0
2017	121,5	19
2018	204	0
2019	0	58,9
2020	33,6	0
<b>Sum</b>	<b>1129,3</b>	<b>294,7</b>

## Genetik i projektet

Frøplantagen på Løvenholm Gods har et mål om at forbedre genetikken i douglasgran på særligt tre egenskaber. Disse egenskaber er valgt ud fra Løvenholm Gods' administration og Levinsen A/S viden og erfaringer om douglasgran forædling og markedet. De tre egenskaber i prioriteret rækkefølge er:

1. Kvalitet (stammerethed)
2. Vækstkraft (dbh)
3. Sent udspring

Disse egenskaber vægtes i analysen af familierne under afsnittet "avlsværdier".

FP.278 Sebberup og FP.262 Sønderskovgaard er de to frøplantager i Danmark, som er længst i forædlingsprocessen, og derfor er de netop valgt til dette projekt.

FP.262 Sønderskovgaard forventes at kunne tilføre en bedre stammerethed og et senere udspring, og kun i mindre grad forøget tilvækst til afkommet fra den kommende frøplantage. Der er målt og analyseret på avlsværdier, og disse viser, at der igennem en aktiv tynding er opnået en tilvækst på niveau med gode danske provenienser, men med en stammerethed bedre end godt dansk materiale (Hansen, et al., 2015).

For at sikre en høj genetisk diversitet i den kommende frøplantage, er det valgt, at der skal plukkes frø på de 30 plustræer, der giver de bedste avlsværdier ved de tre egenskaber.

FP.278 Sebberup forventes at kunne tilføre tilvækst og bedre stammerethed og tidligere udspring. De foreløbige målinger og analyser af avlsværdierne viser, at der igennem aktiv tynding er fremmet egenskaber som god tilvækst, bedre stammerethed og vedkvalitet. Allerede nu viser analyse af avlsværdierne, at afkommet er væsentligt bedre end standarden F.618 (Hansen, 2022).

Der udvælges ti plustræer, hvor der skal plukkes frø fra, med primært fokus på tilvækst og stammerethed.

For at sikre en genetisk variation og forædling i den kommende frøplantage, har det været et ønske at bringe amerikansk frømateriale ind i plantagen. Det amerikanske frø er vurderet til at være på niveau med dansk forædlet materiale fra FP.262 og FP.278 (Nyvold, 2022). Udfordringen med at få frø fra USA, er at amerikanerne ikke ønsker at dele deres forædlede materiale og de genetiske forbedringer, der er lavet. Dette skyldes formentligt, at de er bange for at miste deres konkurrencefordele (Nyvold, 2022).

Det er lykkedes Levinsen A/S at skaffe frø fra en frøplantage, hvor genetikken stammer fra frøzone 403, som går fra den canadiske grænse og syd på til Cascade Bjergene. Store dele af frøavlsbevoksningerne og frøplantagerne, som er beskrevet tidligere, udspringer af frø fra frøzone 403 i Darrington. Dette



betyder, at frø derfra allerede har vist at klare sig udmærket under danske vækstforhold, hvorfor det er ønskeligt at inkludere forædlet frø der fra igen (Nyvold, 2022).

Frøet har oprindelse i en genetisk forædlet frøplantage. Der bliver ikke samlet frø på specifikke, udvalgte plustræer, da dette ikke har været muligt.

Det betyder at det bliver planter med ukendte avlsværdier. Der er især fokus på tilvækst og stammerethed, uden at gå på kompromis ved vedtekniske egenskaber (Nyvold, 2022).

I designet af frøplantagen, nummereres mængden af frø fra USA til at udgøre fire plustræer. De placeres spredt i frøplantagen for at sikre diversitet. Skulle materialet mod forventning være dårligere end materialet fra FP.262 og FP.278, eller at materialet ikke trives under de danske vækstforhold, så fjernes individerne inden frøsætning, for ikke at forringe genetikken.

Antallet af plustræer i den kommende frøplantage er 44 stk. Der er lavet flere forsøg, der har undersøgt hvor få plustræer man kan have med i en frøplantage, uden at der sker indavl. Disse forsøg viser, at hvis man holder minimum 40 plustræer, mindskes risikoen for indavl (Hansen, 2022). Ved etablering af en ny frøplantage, er det forventeligt, at der vil være nogle plustræer, der enten ikke klarer kulturfasen eller, at deres genetik ikke egner sig til videre forædling.

Derfor har Løvenholm og Levinsen A/S valgt at tage 44 plustræer med for at være på den sikre side samt skabe genetisk variation (Nyvold, 2022). Ydermere giver flere plustræer mulighed for yderligere forædling af genetikken i frøplantagen.

### Udvælgelse af familier

I dette afsnit vil der indledningsvist være en kort beskrivelse af avlsværdier, hvordan de bestemmes samt hvordan disse kan anvendes til at sikre videre forædling. I afsnittene, der beskriver avlsværdier, metode, analyse og tynding, er Jon Kehlet Hansen fra Københavns Universitet brugt som primærkilde, jf. et interview i april 2022 og efterfølgende samtaler.

Efterfølgende vil der blive lavet en analyse af avlsværdierne i FP.262 Sønderskovgaard og FP.278 Sebberup med det formål at finde de plustræer, som skal indgå i frøplantagen.

## Avlsværdier

Når man arbejder med forædling, har man brug for at kunne måle og dokumentere forbedringer genetisk. Til dette bruges avlsværdier.

En avlsværdi måles på én egenskab af gangen, og derfor kan der ikke beregnes en samlet genetisk forbedring på tværs af flere egenskaber. Én egenskab kan eksempelvis være rethed, tilvækst (målt i dbh), sundhed, nålefarve m.m.

En bestemt egenskab kan påvirkes af to grundlæggende ting; genetik (arvelighed) og påvirkning fra det miljø, hvor planten gror.

Når man ønsker at måle og bestemme avlsværdier, skal man beregne heritabiliteten.

Heritabiliteten kan oversættes til graden af arvelighed og er et mål for den del af et fænotypisk variation, som skyldes arvelig variation (Den Store Danske, 2022), det kan eksempelvis være at heritabiliteten er 35 %, hvilket betyder at 35 % af plantens egenskab til eksempelvis ret stammeform kommer fra genetik og resten fra miljøet.

I beregningen for at finde heritabiliteten skal påvirkningen fra miljøet fjernes, da man kun interesserer sig for den arvelig variation, som kan flyttes til en anden lokalitet. Et 100 % identisk miljø, kan ikke gengives. De fænotypiske målinger for en egenskab måles på gentagelser af samme genetiske enheder (f.eks. familier) på tværs af frøplantagen, hvor eksempelvis jordbund, herskende vindretning m.m. varierer. Ved hjælp af statistiske beregninger, kan man få miljøpåvirkningen beregnet og herefter heritabiliteten. Det vil ikke blive yderligere beskrevet grundet kompleksiteten i den beregning.

For at beregne et individs avlsværdi, efter at have beregnet heritabiliteten, skal den genetiske variation imellem individerne i en population (læs frøplantage) findes.

Den genetiske variation mellem individerne i frøplantagen findes ved, at der laves fænotypiske målinger på diameter eller højde eller vurderinger af bestemte egenskaber, som eksempelvis udspring eller stammerethed. Den fænotypisk måling foretages på hele frøplantagen, og man kan herefter beregne et gennemsnit for variationen på hele frøplantagen.

Efter at gennemsnittet er beregnet, kan afvigelsen fra middel på hvert enkelt træ beregnes, og det kaldes for den fænotypiske afvigelse. Når den fænotypiske afvigelse er beregnet for hvert træ, ganges den med heritabiliteten, andelen af fænotypisk variation som skyldes arvelighed, hvorved avlsværdien for det enkelte individ opnås (genetisk variation). Avlsværdierne fra de enkelte træer kan herefter sammenlignes med hinanden og man kan udvælge de individer, som har den ønskede værdi til videre forædling

For at eksemplificere ovenstående, er der lavet et forsimplet eksempel i tabel 4.

Her er udvalgt er en lille frøplantage med ni træer.

*Tabel 4: Regneeksempel med bestemmelse af avlsværdi ved udspring. Udarbejdet af Gorm Ulbjerg*

Træ	Fænotypisk måling-udspring	Fænotypisk afvigelse	h <sup>2</sup> - heritabilitet	Avlsværdi-udspring	Bedste træer
1	1,0	-1,9	0,3	-0,559	-0,559
2	2,0	-0,9	0,35	-0,311	-0,311
3	3,0	0,1	0,2	0,022	
4	1,0	-1,9	0,25	-0,472	-0,472
5	4,0	1,1	0,2	0,222	
6	5,0	2,1	0,22	0,464	
7	4,0	1,1	0,32	0,356	
8	2,0	-0,9	0,34	-0,302	-0,311
9	4,0	1,1	0,35	0,389	
<b>Gns.</b>	2,9				-0,302

Der er lavet en fænotypisk måling af egenskaben ”udspring”, se Figur 1 for score-beskrivelse. Der findes en middelværdi for de ni træer, og herefter kan den fænotypiske afvigelse mellem et bestemt træ og middelværdien for frøplantagen bestemmes.

Heritabiliteten er i dette tilfælde sat til forskellige procentsatser, da der er forskel på familierne. Derefter ganges fænotypiske afvigelse med heritabiliteten, hvilket giver avlsværdien (genetisk variation). For at illustrere hvordan man kan lave en simpel analyse for at finde de træer, der har de bedste avlsværdier for tidligt udspring, er de træer med den laveste score fremhævet.

Der laves også vurderinger af egenskaber, som kan være besværlige at måle inden for forædling af træer. Det kan eksempelvis være rethed, som vurderes på en skala fra et til syv (hvor syv er bedst). Det kan være udspring ved en given dato. Når denne vurdering laves, er det vigtigt at have en standard for, hvordan de enkelte trin på scoren skal se ud. Et eksempel på en score-beskrivelse for udspring kunne se ud som på Figur 1.

Disse egenskaber måles og noteres så løbende i frøplantagen. Det er relativt omkostningstungt at foretage disse målinger og vurderinger, hvorfor dette ikke gøres årligt. Et eksempel kunne være ved alder to år fra plantning, igen ved alder ni år og ved alder 16 år. Herefter vil processen ske ved behov.

Score	Udspringsstadiet
0	Knopper i vintertilstand
1	Opsvulmede, men endnu ikke grønne knopper
2	Mere eller mindre grønne knopper
3	Let åbne knopper
4	Vidtåbne knopper uden knopskæl, men med nålene tæt ved hinanden
5	Skudstrækning startet

*Figur 1: Score beskrivelse af udspring  
Kilde: c.f. (Hansen, et al., 2015; Hilbert, et al., 2021)*

## Standard

Ved etableringen af en frøplantage plantes ofte en kendt provinens, som har vist at klare sig godt under danske forhold og som bruges til standard. Der måles også avlsværdier på denne, og disse bruges til at sammenligne afkom fra plustræerne med en god dansk provinens. Herved kan man måle og vurdere de forbedringer, der er kommet ved at lave en forædlet frøplantage. Dette kaldes en standard. Et eksempel på en sådan sammenligning kan ses på Figur 2.

	F.618		Afkorn af FP232		P-værdi
Udspring 2 år	2.5	0.1	2.0	0.0	<.0001
Overlevelse 2 år (%)	60	10	76	7	0.0995
Overlevelse 9 år (%)	46	11	65	2	0.0610
Tvegehyppighed 9 år (%)	54	19	51	3	0.8773
Tvegehyppighed 16 år (%)	14	4	4	2	0.0366
DBH 9 år (mm)	58	4	56	1	0.5875
DBH 16 år (mm)	124	8	122	1	0.7328
Rethed (score 7-9) % 16 år	0	13	28	2	0.0349
Rethed 16 år	3.5	0.6	4.8	0.1	0.0426

Figur 2: Sammenligning af afkommet fra FP232 med dansk standard F.618 Langesø  
Kilde: c.f (Hansen, et al., 2015)

Kigges der på Figur 2, kan man se, hvilke egenskaber der er blevet målt på i frøplantagen FP.278, som er direkte afkom af FP.232. Som standard er frøbevoksningen fra Langesø F.618 valgt. Den er blevet brugt som standard i mange frøplantager (Hansen, 2022).

En tolkning af resultaterne af sammenligningen er, at der er en forbedring i overlevelsesprocenten både ved alder to år og alder ni år. Ydermere er der opnået en reduktion af tveger og en væsentlig forbedring af stammerethed. Tilvæksten er dog ikke forbedret.

Det er muligt at estimere avlsværdierne for afkommet ved forskellige tyndinger i frøplantagen, og ud fra dette vælge den tynding, som giver den genetiske forbedring, som er ønsket i frøplantagen. Dette sker i et pc-program SAS Analytics Software & Solutions (herefter forkortet SAS) hvor man kan vælge, hvilke egenskaber man ønsker at fremme igennem tyndningerne. Når man laver denne estimering, er det for at se, hvad man kan opnå af genetisk forbedring på sigt ved at tynde samt at undersøge, hvilke træer der skal væk.

Et eksempel på en grafisk oversigt over forbedringen af afkommet fra FP.278 i forhold til den indplantede standard F.618 Ruedede (Langesø) efter 3. tynding i frøplantagen kan ses på Figur 3. Her ses, at der igennem aktiv tynding opnås forbedringer inden for tilvækst og stammerethed.

	Udspring 2 år	Antal tveger 9 år (%)	DBH9 (mm)	Tvege hyppig- hed 16 (%)	DBH16 (mm)	Rethed	N familier	N træer
F.618	2.5	54	58.2	14	124	3.5		
Afkom af FP232	2.0	51	56.2	4	122	4.8		
Sandsynlig gevinst efter 1. og 2. se- lektion/tynding	0.0	0	2.0	0.0	6	0.0		
Status efter 1. og 2. tynding	2.1	51	58.2	4	127	4.8	48	347
Forskel til F.618	-0.5	-3	0.0	-10	3	1.3		
Sandsynlig gevinst 3. selektion*	0.1	0.0	4	0	12	0.2	38	160
Status efter 3. selektion	2.1	51	60.5	4	134	4.9		
Forskel til F.618	-0.4	-3.0	2.3	-10	9	1.5		
Forskel til F.618 (%)					8			

Figur 3: Oversigt over forbedringspotentiale ved tynding i FP.278  
Kilde: c.f. (Hansen, et al., 2016)

### Avlsværdier i FP.262 og FP.278

Der er i de to frøplantager løbende blevet målt og vurderet på avlsværdierne. Den sidste måling og vurdering af avlsværdierne i de to plantager er sket i 2015. Efter at have talt med Jon Kehlet Hansen fra Københavns Universitet er det blevet besluttet at benytte de avlsværdier fra 2015. En ny opmåling vil tage ca. 4 uger og koste i omegnen af kr. 100.000, hvilket vil gøre kulturomkostningerne meget dyre (Hansen, 2022).

Hvis ikke analysen giver et resultat, der stemmer overens med indtrykket af, hvordan træerne ser ud derude i 2022, skal det tages op til revision, om der skal betales for at få lavet en ny måling og vurdering. En visuel kontrol af de udvalgte plustræer forventes gjort i sommeren 2022, hvor avlsværdierne vurderes visuelt. Eksempelvis undersøges, om træet ser sundt ud, er i live og har en god tilvækst (måles med klub).

### Metode til analyse

Til at lave analysen har forfatteren af denne opgave benyttet sig af SAS. Programmet kan lave en række scenarier ved forskellig vægtning af egenskaber og fremføre de træer med bedste score i avlsværdierne, for de valgte egenskaber. Der laves forskellige scenarier og herefter vælges, hvilke egenskaber man ønsker forbedret mest.

Til opsætning af programmet og til at foretage en analyse af resultaterne, har forfatteren fået hjælp af Jon Kehlet Hansen fra Københavns Universitet.

### Standard til sammenligning

Som tidligere beskrevet kan man sammenligne avlsværdierne for en udvalgt frøplantage, med en god dansk indplantet proveniens, for at kunne dokumentere forbedringer i avlsværdierne.

I analysen, der er foretaget i FP.262 er der lavet en sammenligning af avlsværdierne med F.421 Langesø. Langesø er kendetegnet ved en god tilvækst, men en lidt ringere stammerethed (Hansen, et al., 2015).

I FP.278 Sebberup er der sammenlignet med F.618 Ruehede (Langesø) som er kendt for en god tilvækst, men med lidt ringere stammerethed (Hansen, et al., 2016).

### Analyse af FP.262

Ud fra de førnævnte egenskaber under afsnittet ”genetik i projektet” er der lavet tre scenarier, som viser, hvilke plustræer, der bør medtages i den nye plantage. I hvert scenarie er de tre parametre stammerethed, tilvækst og udspring blevet vægtet forskelligt. Efter at have udarbejdet de tre scenarier, er det bedste scenarie udvalgt, som menes at give den bedste genetiske forædling af de tre førnævnte egenskaber. Scenariet kan ses i Bilag 1, hvor de 30 plustræer er listet op, med hvilken forbedring hvert træ har i forhold til standarden. I nedenstående kan der ses en samlet genetisk forbedring ved udvælgelsen af de 30 plustræer.

#### Vægtning:

- Tilvækst (dbh): 1
- Stammerethed: 1
- Udspring: 1

#### Forbedring i forhold til standard F.421:

- Tilvækst (dbh): 3,87 %
- Stammerethed: 13,9 %
- Udspring: -10 % (Jo lavere score på udspring, jo senere udspring).

Som det ses af ovenstående, opnås der en forbedret tilvækst på 3,87 % i forhold til standarden, som ikke har en dårlig tilvækst. Der, hvor der opnås meget, er på stammeretheden. Udspringstidspunktet bliver lidt senere end for standarden jf. score beskrivelse på side 21.

### Analyse af FP.278

Ved arbejdet med at lave forskellige scenarier i FP.278, var det kun muligt at lave to scenarier, da forædlingsniveauet er meget højt i de tilbageværende træer, og der er relativt få individer tilbage i frøplantagen. Udvalgelsen af plustræer i denne plantage har primært haft fokus på træer med en god tilvækst og med stammerethed som nr. 2 i den prioritering, hvilket den genetiske forbedring også viser på scenariet. Det fulde scenarie kan ses på Bilag 2.

I nedenstående kan der ses en samlet genetisk forbedring ved udvælgelsen af de ti plustræer.

### Vægtning:

- Tilvækst (dbh): 6
- Stammerethed: 15
- Udspring: 1

### Forbedring i forhold til standard F.618:

- Tilvækst (dbh): 16,9 %
- Stammerethed: 30 %
- Udspring: -8 % (Jo lavere score på udspring, jo senere udspring).

Som det ses på ovenstående, opnås der en stor genetisk forædling på stammerethed, i forhold til standarden F.618. 30 % virker til en stor forbedring på stammeretheden og tilvækst, men det handler om standarden, da den er kendt for en lidt ringere stammerethed. Derfor forventes forbedringen ikke at være 30 %, hvis der blev sammenlignet med en bedre standard. Udspringet forbedres en lille smule. Tilvæksten forbedres med ca. 17 %, hvilket er godt.

### **Fremtidig tynding ud fra avlsværdier**

Avlsværdier bruges ofte til at lave tynding i frøplantager. Dette skyldes, at når man måler/vurderer avlsværdier, gøres dette på bestemte genetiske egenskaber, som ønskes forædlet i frøplantagen.

Ved at opdatere avlsværdierne kan man igen lave en analyse, blot hvor man ønsker at undersøge de familier med den laveste avlsværdi. Disse familier kan herefter tyndes væk. Udfordringen ved denne praksis er, at det, som tidligere nævnt, er relativt omkostningstungt at lave målinger, især hvis det skal gøres ved hver tynding. Fordelen ved at lave denne måling, er, at man kan dokumentere, at der er sket en genetisk forbedring, og derved er materialet fra frøplantagen forbedret og kan kåres som ”afprøvet” (Hansen, 2022). Dette gør, at markedsføring og salg af frøet bliver nemmere, da forbedringer kan dokumenteres.

### **Adgang til materialet**

Igennem dialog og samarbejde med Naturstyrelsen har det været muligt at få lov til at indsamle frø fra de udvalgte plustræer i FP.262 og FP.278. Det forventes, at der kommer en engangsbetaling til Naturstyrelsen for at få lov til at plukke koglerne.

Der har i 2021 ikke været tegn på koglesætning, og det er endnu for tidligt her i april 2022 at vurdere, om der vil komme koglesætning i de to frøplantager.



## Praktisk metode til forædling af genetisk materiale

I det følgende vil der blive beskrevet to metoder til at sikre genetisk materiale fra plustræerne, nemlig podning og seedling seed orchard. Kloning vil ikke blive beskrevet, da det ikke har relevans for frøplantageprojektet.

### Podning

Podning er en metode, der er blevet brugt i mange år til at flytte en kendt genetik fra et gammelt træ til en ung grundstamme for at sikre 100 % bevarelse af det genetiske materiale fra plustræet.

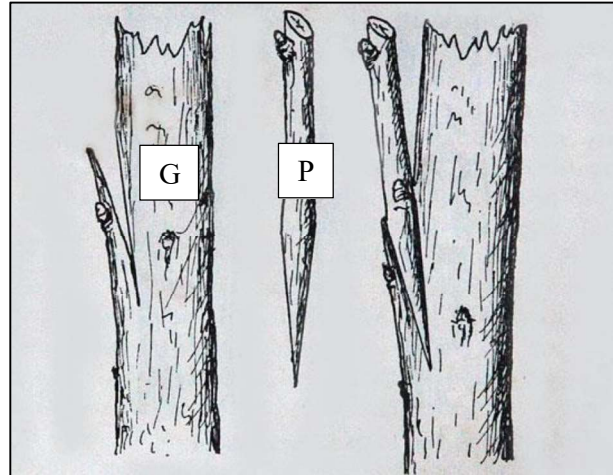
Metoden til at lave en podning er relativt simpel. For at gøre beskrivelsen af metoden nemmere, har forfatteren valgt at tage udgangspunkt i praktisk arbejde med podninger igennem studietiden. Der findes flere metoder og arbejdsgange for at lave en podning, men denne opgave tager udgangspunkt i egne erfaringer.

Første skridt i at etablere en frøplantage med podninger, er at finde og udvælge de plustræer, som man ønsker at klippe podekviste fra (i illustrationen kaldet P) – se Figur 4. Podekvisten klippes ofte som en lille ca. 3-6 cm. lang kvist på et endeskud. Podekvisten skal indeholde en eller flere knopper. Kort efter klipning af podekvisten lægges den på køl for at bringe den i dvale.

Herefter udvælges grundstammen, som ofte er et ungt træ. Nogle arter som eksempelvis, nobilis (*Abies procera*) kan podes på en nordmannsgran (*Abies nordmaniana*), da de er i samme familie (ædelgranfamilien). Hvilke arter, der kan podes på hvilke stammer, kræver praktisk erfaring. Douglasgran skal podes på en egnet svag grundstamme af douglasgran, for at kunne overleve på lang sigt (Nyvold, 2022).

I det tidlige forår, primo april, kan den nye podekvist podes på grundstammen som vist på Figur 4. Podekvisten podes på topkuddet af grundstammen for at sikre, at grundstammen til sidst vil anerkende podekvisten som det nye topskud.

Løbende igennem foråret gås podningerne over for at tjekke for udspring, og så snart podekvisten er sprunget ud, klippes topkuddet af grundstammen lige over podningen for at sikre, at alt energi og vand føres til den nye podning. Ydermere klippes der grene af grundstammen lige under podekvisten, så man senere ikke er i tvivl om, hvor podningen er.



Figur 4: Illustration af podning – grundstammen er markeret med "G" og podekvisten med "P".  
Kilde: c.f. (Jensen, 2021)



Løbende over de efterfølgende to-fire vækstsæsoner skal grundstammen klippes til for at sikre, at den ikke blot sætter en ny top og afstøder podningen, hvilket kræver, at man er over sin plantage 2-4 gange om året.

Når grundstammen har anerkendt podningen og der er opnået en fornuftig højde på podningen (mellem en og tre meter), skæres alle grene af grundstammen for at sikre, at der ikke er to arter/individder på samme grundstamme. Således benytter det individ der podes på grundstammen, fremadrettet rødderne på grundstammen.

Fordelen ved at pøde, er, at når man flytter gammel genetik ned på en ung grundstamme, vil den gamle genetik stadig huske, at den er gammel og derfor sætter den ofte frø relativt hurtigt, men på en ung stamme som en sund, lav (billig at plukke) og kan give frø i mange år.

Praktiske erfaringer fra både ind- og udland viser, at douglasgran er svær at pøde, da pødekvisen sjældent accepteres af grundstammen. Dette vil betyde, at trinene med at pøde om, ville skulle gentages en række gange, indtil at podningen accepteres af grundstammen (Nyvold, 2022).

Metoden er relativt dyr, og erfaring fra lignende etableringer af frøplantager viser, at det koster ca. kr. 30,- pr podning (Nyvold, 2022). Derudover kommer de ekstra omkostninger til at pøde om, kontrol med podninger, klippe grundstammen til over vækstsæsonen m.m.

### Seedling seed orchard

Seedling seed orchard (SSO) er en kendt metode til at sikre en billigere etablering af en frøplantage, hvor moderens genetik er kendt, men faderens genetik kommer fra fri bestøvning. Metoden kan med fordel bruges, da det er muligt at lave en selektiv tynding og bedre forædling inden frøsætning i den nye frøplantage, ved at fjerne individer med en dårlig far.

Metoden til at lave en SSO er anderledes end podning, men metoden er ikke så krævende, hvad angår mandetimer og kontrol med planterne i de efterfølgende vækstsæsoner.

Der udvælges en række plustræer i de ønskede bevoksninger ud fra en række krav, som eksempelvis stammerethed, grendiameter og vækstkraft. Hver af de udvalgte plustræer nummereres, så de kan findes igen. Herefter samles der kogler på de udvalgte plustræer, og disse frø skal holdes adskilt fra andre plustræs frø under hele processen.

Herefter løndyrkes alle frø i planteskolen, hvor de stadig holdes adskilt.

Derefter plantes planterne ud på det ønskede areal i et system, hvor der plantes fem-syv planter med samme mor ved siden af hinanden. De forskellige plustræer fordeles på arealet, således at der aldrig står planter fra samme familie overfor hinanden, da det vil resultere i indavl.

Systemet beskrives senere i opgavens del II. Alle træer er selvsagt mærket med et nummer.

Inden træerne begynder at sætte frø, foretages der en fænotypisk tynding i de fem-syv træer, så der afslutningsvist kun står det bedste træ tilbage. Denne tynding foretages, idet man udelukkende ønsker at få den plante med den bedste genetik fra mor og far. Tyndingen kaldes ”tynding inden for familien”.

Da der er tale om ”ungt” genetik (fra frøplanter i modsætning til podning), sker frøsætningen også senere end ved podning. Ved at plante douglasgran på stor afstand og lade dem få en stor krone, kan frøsætning ske allerede ved alder 18-25 år (Nyvold, 2022).

Fordelen ved SSO er, at denne metode ikke kræver så mange ekstra plejetiltag som podning, hvorfor denne metode er væsentligt billigere. Planteprisen er relativt høj på mellem kr. 10-15 pr plante (Nyvold, 2022), da der er meget ekstra arbejde lige fra plukning til planteskolen med at holde familierne adskilt.

Hvor douglasgran ikke trives ved podning, er der selvsagt ingen problemer ved at lave en kulturplante og plante ud.

Ulempen ved SSO er, at faderen er ukendt, hvilket kan betyde, at der ikke er nogen af de fem planter der er gode, fordi at deres fader har en dårlig genetik. Er dette tilfældet, skoves de alle fem og fjernes fra projektet.