



Universitetet i Bergen

Senter for vitenskapsteori / Institutt for biovitenskap

SDG351

Master i bærekraft

Vår 2023

Tråd og tare

Korleis sikre grøn produksjon gjennom bærekraftig materialval

Eirik Hoddevik Hovstad

Rettleiarar: Gabriella Ljungström, Roger Strand

Takk til:

Først må eg takke Gabriella. Du har vore der gjennom heile prosjektet når ting ikkje har gått heilt etter planen. Du har hjelpt meg å samle tankane, roe nervane både under praksisen og når eg skreiv oppgåva. Det har vore nokre episodar der eg har tenkt at eg like gjerne kunne gi opp, men etter nokre kloke ord frå deg, har eg skjønt at alle erfaringar er gode erfaringar. Takk for hjelp til å strukturere tankane slik at oppgåva har vorte så god som den kan bli. Takk også til Roger som har kome med innspel på slutten av oppgåva, dine innspel har og vore særst verdifulle. Takk for at de begge har vist tolmod med meg.

Vidare må eg også takke Lerøy og Ocean Forest gruppa for at eg fekk ha praksis hjå dykk. Det har vore både kaldt og vått, men særst lærerikt. Det har vore kjekt på jobb med dykk. De har opna auga mine for ei næring eg kunne noko om frå før.

Niel Anders og Terje Jørgensen hjå Havforskningsinstituttet har vore til stor hjelp for oppgåva. Takk for lån av skikkeleg utstyr for testing for å teste brotstyrke, og å få dele kontorplass med Niel. De verkar genuint interessert i prosjektet, og kom med gode innspel som har løfta oppgåva.

Vidare må eg takke familien for å ha hjelpt meg gjennom året. De har stilt med utlån av bil, vore turpartnarar, og gitt psykisk støtte undervegs. Eg set og stor pris på hjelp med språkvask og tankar mot ferdigstillinga av oppgåva. Det har hjelpt mykje. Til slutt må eg takke sambuar min som har halde ut med meg eit år der eg har nerda kring tare og tråd. Det har ligge trådprøver utover hyller og bord. Leilegheita har lukta både av tare og sjø når eg har kome heim frå praksis, og du høyrte på meg prate i veg om meir eller mindre interessante erfaringar eg har gjort meg. Likevel har du halde ut med meg og vi er fortsett sambuarar. Takk.

Innholdsliste

Abstract:	4
1. Introduksjon	5
1.1 Kvifor dyrke makroalgar?	5
1.2 Produksjon av algar i verden	7
1.3 Oversikt av produksjonen av tare i Norge	8
1.4 Korleis definere ein tråd vitskapeleg	9
2. Oppgåve	11
2.1 Praksisprosjektet	11
2.2 Mål for studiet	12
2.3 Avgrensing av oppgåva	13
3. Metode	14
3.1 Trådar brukte i forsøka	14
3.2 Vekstforsøk i laboratorium	15
3.3 Vekst i sjø	18
3.4 Brotstyrke	20
3.5 Analyser	22
3.5.1 Analyse av vekstforsøk i laboratorium	22
3.5.2 Analyse av brotstyrke	24
3.5.3 Innhenting av resultat på seinvinter	25
3.5.4 Berekraftsanalyse	25
4. Resultat:	26
4.1 Vekstforsøk	26
4.1.1 Vekstforsøk i laboratoriet	26
4.1.2 Vidare vekst i sjø	28
4.2 Brotstyrke	29
5. Diskusjon	32
5.1 Funn frå resultat	32
5.1.1 Kva tråd vaks taren best på?	32
5.1.2 Kva tråd har den optimale rotningstida?	33
5.1.3 Reell vekst og brotstyrke frå resultat henta i sjø i februar	34
5.1.4 Utfordringar som kan ha gjort utslag på resultat og forbetningspotensial	34
5.2 Berekraftsanalyse	37
5.2.1 Fotavtrykk til bomull	38
5.2.2 Fotavtrykk til trefiber	41
5.2.3 Miljøsertifiseringar	44

6. Konklusjon	46
7. Vidare forskning.....	47
I laboratoriet.....	47
Forbetre brotstyrkeforsøk.....	47
Kvifor vaks ikkje taren godt på trefibertrådane?	47
Effektar av kombinert trådmateriale og struktur.....	48
Life Syklus Analyse og material	48
Referansar:	49
Vedlegg.....	55
1) Dekningsgrad og sporofytt-teljning bilete.....	55
2) Tabell dekningsgrad utvikling i prosent.....	55
3) Tabell sporofytt-teljning gjennomsnittleg for dei ulike trådane	56
4) Tabell sporofytt-teljning bomull og trefiber.....	56
5) Brotstyrkeverdiane til dei ulike trådane gjennom forsøket	57

Abstract:

This master's thesis presents the findings of my internship at Ocean Forest, a large-scale producer of kelp, with the objective of improving and enhancing the efficiency and sustainability of their production. The company previously used thin plastic ropes in the seedling production, which resulted in the emission of microplastics into the environment. The thin seedling ropes are twined around a bigger harvest rope, but the ropes are one-time use. Since they are one time use, they cause significant time consumption of cleaning after the harvest. Ocean Forest are in the process of transitioning to alternative production materials, and presented a question that I have worked on this past year: what is the optimal rope to use in the farming of sugar kelp (*Saccharina latissima*)?

To address this question, the thesis is structured around three separate questions:

- 1) Are there are differences in the growth of sugar kelp gametophytes on thin ropes of different materials?
- 2) What are the optimal dimensions for a thin rope to naturally degrade in time for harvesting?
- 3) Is one thin rope material more sustainable than another?

The research conducted revealed that cotton is the best growth medium for sugar kelp, while wood fibers performed poorly. Nonetheless, wood fibers possess greater strength and do not degrade as fast as cotton. Wood is also more sustainability than cotton, utilizing less energy, freshwater, and chemicals in the production process. Therefore, the answer to the inquiry is that a cotton thread is recommended, but with the condition that the cotton is sustainably farmed.

1. Introduksjon

1.1 Kvifor dyrke makroalgar?

Verdas aukande folketal saman med aukande levestandard, auka ekstremvær og klimaendringar, fører med seg ei rekke utfordringar. Ei av desse er tilgang på mat og mattryggleik for befolkninga. Det er fleire spørsmål, utfordringar og problem som står i rekke, og bidreg til dette: utbygging av eksisterande matjord, utslepp frå sprøytemiddel, overgjødsling, plast, og avrenningar frå landbruket (Campbell, 2017). Ikkje berre på land ser ein utfordringar knytt til dette. Havet er ei viktig matkjelde, og også her ser fleire utfordringar utfordringane. Dersom ein som følgje av auke etterspurnad hentar ut meir mat frå havets øvre trofiske nivå, kan dette føre til overfiske av verdas fiskestammar (MSC, ingen dato). Om lag 1/3 av verdens fiskestammar blir i dag overfiska (SOFIA, 2022). Rømmingar frå merdar truar villfisken (Diserud, 2019). Desse utfordringane engasjerer forskarar verda over, og kan samlast i eit todelt spørsmål: Korleis kan vi sikre produksjonen av mat, samtidig som vi reduserer miljø og klimaavtrykk frå produksjonen?

I Norge er torsk og laks typiske fiskar ein finn på middagstallerkenane. Torsken er ein topp-predator i næringskjeda. For kvart steg i næringsnettlet vil vi ha tap av energi som individet brukar for å leve, så mat frå toppen av nettlet er ikkje så energieffektiv som mat frå dei lave nivåa. Laksen på middagsbordet er mest sannsynleg ein oppdrettslaks. Oppdrettsnæringa har fleire utfordringar dei jobbar med, men påverking på miljø og villfiskbestand relatert til forproduksjon, fiskevelferd og næringsutslepp frå merdane er i dag relativt omfattande problem som ikkje enkelt kan løysast (Diserud, 2019). Med bakgrunn i dette, kan ein tenke seg at ein ved å ta i bruk også dei lågare trofiske nivå, kan ein potensielt hente ut meir energi frå desse nivåa, enn frå nivå høgt i næringsnettlet. Biomasse frå dei lågare trofiske nivå kan, mellom anna, nyttast til mat, noko som også vil bidra til å svara den aukande etterspurnaden. Ulikt med oppdrett av fisk der ein nyttar store mengder fôr, kan oppdrett av algar nyttegjere næringsstoff som nitrogen og fosfor, samtidig som dei brukar CO₂ som er fritt i havets vassmassar. Algar er dermed ulike primærprodusentane i mat frå landbruket, då ein ikkje treng å vatne, gjødsle eller nytte sprøytemiddel for å få ein god produksjon. Produksjon av marine algar er derfor blitt eit heitt tema i dagens mat-debatt.

Marine algar er delt inn i to grupper mikroalgar (plante plankton) og makroalgar. Mikroalgane er eincella organismar som enten flyt fritt i vassmassane, eller lev i symbiose med ein anna

organisme som den fotosyntetiserande delen av individet, til dømes i nokre koralldyr. Makroalgar er fleircella organismar som ofte har ei festeorgan som festar algen fast til eit substrat som til dømes sukkertare (*Saccharina latissima*) (Throndsen, 2022). Mikroalgar vert i dag forska mykje på for å finne ulike bruksområde til, mens makroalgar blir nytta i mat allereie.

I Norge er makroalgane sukkertare (*Saccharina latissima*), og butare (*Alaria esculenta*) omtala som nye og revolusjonerande artar som kan bli til ei stor ny næring i mediebiletet i dag. Sanninga er at tare ikkje er ein ny og revolusjonerande plante, i den forstand at ein aldri har brukt tare i Norge før. Det har nemleg vorte nytta tare her til lands langt tilbake i tid (beskrevet i Øverland, 2018). Frå Frostatingslova, ei av Norges eldste lover frå vikingtida, skulle gode førekomstar av tang takast med i berekninga når ein sette verdi på ein gard. Ein har langs heile norske kysten tidlegare nytta makroalgar i landbruket. Overgangen til det moderne landbruket var ein glidande overgang, men eit hovudskilje var overgang til bruk av importert kraftfôr. Innkjøp av kraftfôr starta tidleg 1900-talet (Røflo 2016). Når ein enkelt kan importere eit fullverdig måltid med dei næringsstoffa dyra treng i pelletsform, slepp ein å arbeide så hardt for å flytte næringsstoff frå utanfor garden sine grenser inn på garden. Om det er berekraftig er ikkje ein debatt eg går inn på i denne oppgåva. Poenget er at tidlegare nytta ein makroalgar som ein ressurs i større omfang enn i dag. Det vil næringa no endre.

Marine algar har mange ulike bruksområde, og blir i dag brukt i ei rekke produkt over heile verda. Brunalgar, deriblant sukkertare inneheld store mengder alginat (Skott, 2022). Alle e-stoff mellom e-400 til e-405 er alginat-produkt, og blir nytta i ei rekkje varer som fortjukningsmiddel, stabilisatorar eller emulgatorar (ibid). Ein kan produsere agar frå algar, agar vert til dømes brukt innan medisin og forskning for å dyrke fram bakteriekulturar (Otterholt, 2022). Algar vert og nytta i tekstilindustrien, og innan produksjonen av biodrivstoff. Det vert gjort forskning innan bruk av plast basert på algar med håp om å erstatte ikkje-berekraftig plast (Benjaminsen, 2022). Taren er i dag i liten grad brukt i norske kjøken, og det er heller ikkje sikkert vi kjem dit at taren kan konkurrere med tradisjonelle grønnsaker som gulrot eller brokkoli. Dette er heller ikkje målet. Målet er å kunne nyttiggjere seg ein berekraftig ressurs, og ein er i dag i gang med å omstille folk til å ta i bruk algar som ein næringsressurs. Tare kan og innehalde store mengder jod og tungmetall, det er noko det må takast omsyn til ved bruk (Aakre et al.2021). På grunn av mellom anna dette brukast taren ofte på det norske kjøkkenet som smaksforsterkar, som fersk, sylta, krydder eller tørka

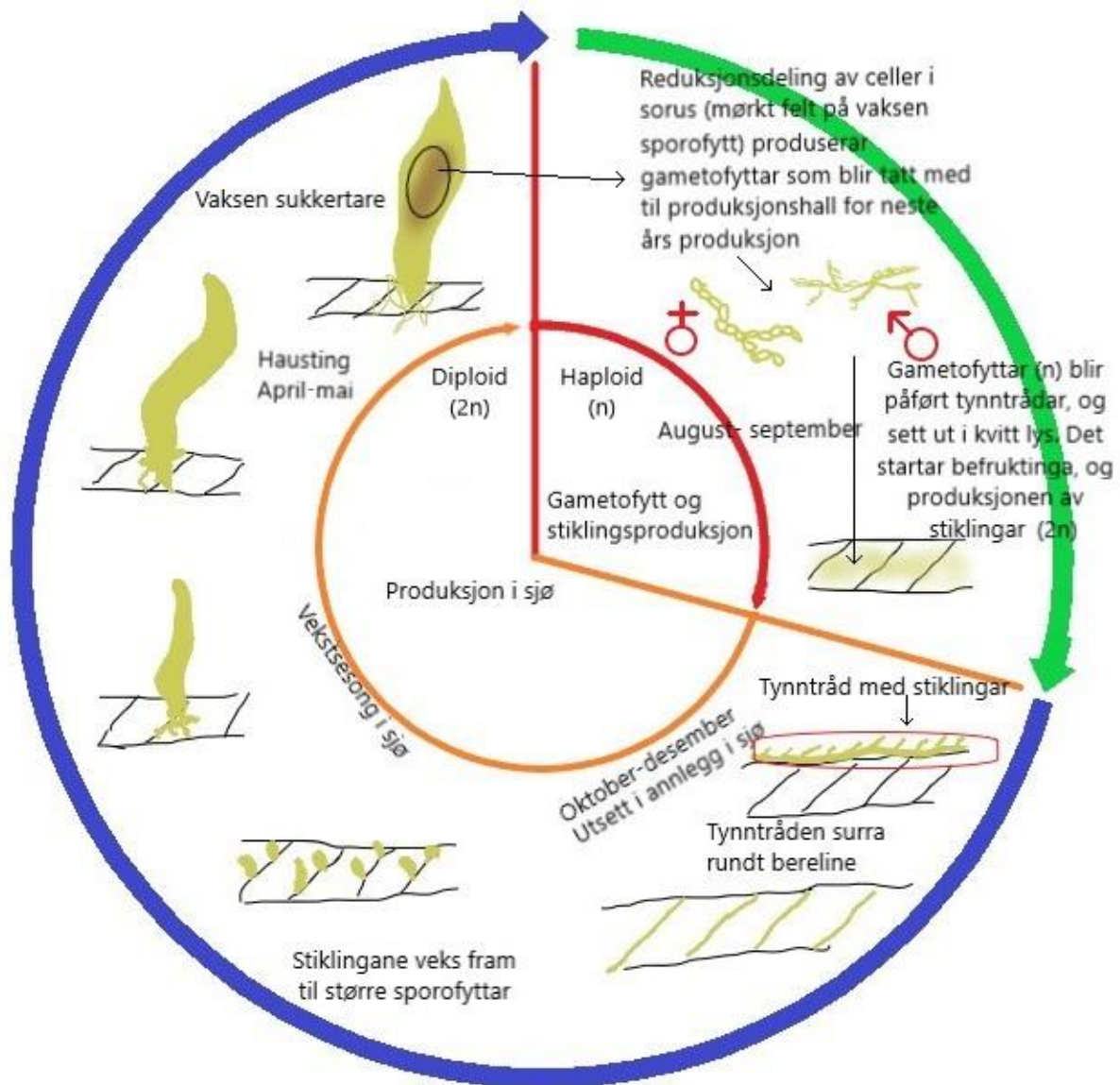
produkt (Matprat, 2022) (Sjøsaker, ingen dato). Til dømes kan tørka søl (*Palmaria palmata*) verte brukt som topping på softis (Matprat, 2022). Næringas vekstpotensiale er stort, samtidig som det er fleire spørsmål som lyt svarast ut i forkant av ei effektivisering og oppskalering av produksjon.

1.2 Produksjon av algar i verden

I 2019 vart det i verda hausta om lag 35.82 millionar tonn algar. Dette er ei tredobling dei siste 20 åra frå 11.80 millionar tonn i 1999 (FAO, 2021). Asia står for om lag 97% av verdas algeproduksjon, med Kina (20,35 millionar tonn) og Indonesia (9,96 millionar tonn) som dei største produsentane (ibid). Utanfor Asia har Chile den høgste produksjonen med 1,19% av verdsmarknaden, og Norge har den nest største produksjonen med 0,46% av verdsproduksjonen, tilsvarende 163 000 tonn (dette talet inneheld både dyrka, og hausta tare frå til dømes ein tare-trålar; ibid). Nyare tal frå fiskeridirektoratet viser at dei to mest dyrka artane i Norge i 2021 var sukkertare og butare med ein produksjon på til saman 249 tonn, og hadde ein gjennomsnittleg pris lik 25,20 NOK/kg (Fiskeridirektoratet, 2022).

Asia og Norge har store forskjellar når det kjem til produksjon og bruk av algar. I Asia blir algar brukt til humankonsum på heilt andre nivå enn i Norge. Dei har òg andre artar, metodar og føresettingar for dyrking. Dei opererer tilsynelatande meir lågteknisk enn vi gjer i Norge. For eksempel gjer klimaforskjellar at ein i Asia kan tørke algar i sola, medan ein i Norge har ein energikrevjande tørkeprosess i egne tørkerom. Ulike forutsetningar gir òg ulik økonomi, konkurransegrunnlag og miljøinnverknadar. Planen til norske produsentar av marine algar er som følge av dette er ikkje å konkurrere ut Asia, men skape ei stabil næring som kan fylle ei nisje her i nord samtidig som ein supplerer verdsmarknaden.

1.3 Oversikt av produksjonen av tare i Norge



Figur 1: Produksjonssyklus for sukkertare, eiga teikning etter ide frå Peteiro, (2016).

Tareproduksjonsprosessen er delt inn i to delar: Fyste steg er eit forstadium i laboratorium der ein dyrkar gametofyttar til sporofyttar. Målet her er å få store og gode plantar for å sette i gong steg to. Steg to er å flytte sporofyttane til sjø for vidare vekst (se Fig. 1). I sporofytt- eller vaksen-generasjonen (diploid) skjer reduksjonsdeling av celler til haploide celler i fertile felt kalla sori på sukkertaren. Desse slepp ut eincella sporar, i laboratoriet har ein dei i kolbar. Desse cellene veks til haploide gametofyttar. Ein har både han- og ho-gametofyttar. Han-gametofytten dannar spermier som sym rundt til dei treff eit egg som sit fast på ho-gametofytten. Når dette skjer, oppnår ein ei befruktning og får danne ein haploid zygote. Denne zygoten veks til ein vaksen sporofytt, det vi ser som ein sukkertare (Fig. 1). På laboratoriet blir gametofyttløysingar oppbevart i eit mørkt rom med berre raudt lys. Det raude

lyset er der for at gametofyttane ikkje skal sleppe ut spermiar for befruktning. For å starte befruktning, og vekst, treng nemleg sukkertaren kvitt lys. Raudt lys vert altså nytta for at arbeidarar skal kunne sjå kva dei har føre seg, utan at ein set i gang vekstprosessen før gametofyttane blir flytta til dyrkingstrådar.

I laboratoriet skal ein dyrke fram gametofyttar til sporofyttar. Først vil ein spole opp tynne trådar på spolar. Vidare fordelar ein gametofyttar på spolane med tråd, og set dei i reine kar med kvitt lys frå alle sider. Her står dei i ca. 6 veker. Dei får tilsett litt næring. Under veksten vert pH og temperatur logga for å følgje utviklinga. Undervegs roterer ein spolane for å sikre jamn belysning og god vekst. Når gametofyttane har stått i nokre veker, har det utvikla seg sporofyttar på trådane. No vert spolane med tråd og sporofyttar frakta ut til anlegget i sjø med båt. Her vert trådane surra rundt ei bereline før berelina vert spent opp i eit rammesystem. Dette skjer på seinhausten. Taren skal no stå i sjø fram til våren, når haustinga finn stad. Med tanke på foredling etter hausting har ein fleire alternativ. To vanleg metodar er å kverne taren og deretter fermentere den i eigna kar eller å tørke den. Vel ein å tørke taren, kan dette enten vere i kombinasjon med å kverne eller gjennom direkte tørking av tareblada. Store delar av tareproduksjonen er meir eller mindre sjølvgåande, i periodane med vekst i laboratoriet og i sjø. Sjølve utsettinga i sjø og haustinga på våren er derimot forholdsvis arbeidskrevjande.

Når norske produsentar skal skalere opp produksjonen vil ein ha minst mogleg klima og miljøfotavtrykk. Sidan sjølve produksjonen av tare i sjø ikkje treng sprøytemiddel, gjødsling eller ferskvatn vil avtrykka frå nytta materiell i produksjonen ha relativ stor innverknad på det totale avtrykket i produksjonen. Her bør ein derfor legge inn spesiell innsats for å sikre eit grønt sluttprodukt. For eksempel vil val av material til trådane som er brukt i produksjonen, og kor mykje tare som veks på dei ulike trådane, påverke om ein har ein effektiv og berekraftig produksjon.

1.4 Korleis definere ein tråd vitskapeleg

Ein tråd er ikkje berre ein tråd. Sjølv om det finst fleire typar materiale på marknaden, er det er ikkje alle typar tråd som er egna til tare dyrking. Det er fleire grunnar til at eit materiale ikkje eignar seg. Første grunn er at ein treng relativ tynne trådar for effektiv produksjon. På bakgrunn av det kan ein luke ut grovare fibrar som sisal, manila og abaca. Dei er fibrar frå blad, og desse er betre eigna til tjukkare tau eller grove fiskegarn (Klaust, 1982). Dersom ein lagar tynne trådar av materiala som nemnt over, vil ein få trådar som er for ujamne til å kunne

nyttast. Ein ujamn tråd vil gi dårleg grunnlag for testing. Lin og hamp er relativt dyre material og er derfor generelt ikkje nytta av økonomiske årsaker. Bomull er et vesentleg billigare material. Bomullsfibrar kjem frå planten bomull og er cellulosefibrar som ligg rundt frøa til bomullsplanten. Dei er 20 til 50 millimeter lange, og har ein diameter på 0,01 til 0,04 mm (Klaust, 1982). Med så tynne og lange fibrar, kan ein få ein tynn tråd med jamn dimensjon. Ein kan sjølvstø skalere opp bomullstauet ved å flette fleire trådar saman. På verdsbasis vart det i 2020 produsert nesten 25 millionar tonn bomull (Khan, 2020). Ein kan og bruke menneskelaga cellulosefibrar, der ein hentar ut cellulosen kjemisk frå for eksempel treflis. Det finst store fabrikkar for dette i Europa. Den kjemiske strukturen hos cellulosefibrar frå treflis er lik bomull. Nokre produsentar meiner også det er eit reinare og meir berekraftig produkt sidan det brukast mindre kjemikalier i totalprosessen enn i bomullsindustrien (Lenzig (Pers. Komm.)).

Det er standardiserte system for å sikre at ein veit kva tråd ein har framfor seg. Det finst fleire system, men den anbefalte standardmåleininga frå ISO når det kjem til fibrar er TEX-systemet, forkorta til Tt. Standarden går ut i frå tettleiken til produktet. Det brukar ei omrekning frå det metriske systemet som er som følger: $1 Tt = 1 g/1000 m$. Altså jo tyngre garn jo høgare Tt verdi. Ein kan møte på andre omskrivingar av denne, alt etter kva fibrar ein ser på, til dømes Millitex, Desitex og Kilotex. Dinna standarden gjelde berre for enkelttrådar for vidare spinner produsentar opp enkelttrådane til tjukkare trådar. Dersom ein har eit tråd eller tau som er kombinert av fleire ulike trådar, blir dei oppgitt i Rtex (Fig. 2). Det er ikkje større forskjell enn at det indikerer at det er ein kombinasjonstråd og ikkje ein enkelt tråd.

2. Oppgåve

2.1 Praksisprosjektet

Eg har inngått samarbeid med Lerøy Seafood si Ocean Forest gruppe. Ocean Forest er Europas største tareprodusent per dags dato. Dei ville ha svar på eit konkret spørsmål: Kva er den beste tråden å dyrke tare på? Master i marin berekraft verka til å vere ein god inngang til eit så stort og vidt spørsmål. Hausten 2022 var eg praksisplass hjå dei, og denne praksisen er bakgrunnen for masteroppgåva.

Praksisprosjekt hos Ocean Forest blei delt opp i tre delar. Den første delen, vekstforsøket, blei gjennomført på Ocean Forest laboratorium på Reksteren i Tysnes kommune utanfor Bergen og kjem av eit ynskje og eit behov for å vite meir om kva vekst ein klarar å oppnå på trådar av ulike material. Taren veks langs metervis med tråd, og små forskjellar i vekst per meter tråd kan derfor potensielt bety store forskjellar i vekt hausta tare etter ein vekstsesong. Det er derfor viktig å ha ein tråd som gir god vekst.

I den andre delen, brotstyrkeforsøket, blei eg blitt spurt om å gjennomføre eit forsøk der eg undersøkte kor lenge ein tråd held i sjøvatn før den rotnar eller på andre måtar forringast og "smuldrar vekk". Ein ynskjer ein tråd som helde nesten til hausting. Dersom tråden held lenger enn til hausting vil ein måtte bruke tid, krefter og energi på å reinske tråden i etterkant. Dette er og noko av arbeidet eg har bidrege i som del av praksisplassen på Reksteren. Nylontråd som har vorte brukt tidlegare sesongar rotnar ikkje. I tillegg opplever ein at den vasar seg til og blir ei utfordring seinare. Nylontråden er vanskelege å fjerne effektivt. I tillegg til at nylontråden er vanskeleg å fjerne på ein effektiv måte, slepp den og ut mikroplast i havet under vekstsesongen. Mikroplasten kan vidare, mellom anna, vert teken opp av enten taren direkte eller av andre organismar i havet (Xu et al., 2020). Dersom ein finn ein tråd som går i oppløysing før hausting vil ein kunne sleppe å reinske tråden i etterkant. Tråden kan heller ikkje vere for tynn for då vil ikkje vil ikkje taren sitt festeorgan ha fått festa seg til berelina og ein kan miste produksjon. Ocean Forest ynskjer derfor å finne ein tynn tråd som varer maks 5 månadar i sjø før den går i oppløysing. Ein tynn tråd vil også gi fordelene av fleire meter tråd per spole til den produksjonen i laboratoriet, noko som igjen vil kunne auke den delen av produksjonen som skjer på land.

Til slutt gjennomførte eg ei berekraftsanalyse av dei ulike materiala. Denne berekraftsanalysen vil vere ei ekstra vekt på vektskåla ved val av material for trådane. Her vil

ein potensielt få eit resultat som ikkje samsvarar med kva gro eller brotstyrkeforsøka seier. I tillegg til at klima- og miljøavtrykk frå material i tråden er viktige faktorar i materialvalet, er det sjølvst og avgjerande kor god vekst ulike trådmateriale kan oppnå. Miljøfaktorar, effektiv dyrking og vekst er nødvendige faktorar for å sikre ei grønn næring.

Gjennom praksisen i Ocean Forest gruppa har eg fått eit overordna blick på produksjonen av tare hos Lerøy. På Ocean Forest laboratorium på Reksteren har eg brukt mykje av tida når eg ikkje har vore med på sjøen for utsåing, eller sitte på kontoret for litteratursøk. Det er på Reksteren gametofyttar vert oppbevart, og det er her dei oppevarar vekst-tankane for den landbaserte delen av produksjonen. Eg har fått vore med på heile prosessen som skal til for å dyrke tare. Der i blant har eg tatt den daglege sjekken av pH og lys i tankar på land, for å sikre at produksjonen og plantane har det bra. Dersom ein får pH endring er dette eit teikn på at det skjer noko ein ikkje ynskjer, som til dømes algevekst. Eg har vore med på å så ut gametofyttar på spolar, og eg har vore med å sette sporofyttar i sjø. I år er det brukt 80 kilometer meter tråd, som gir om lag 400 tonn tare etter hausting. Målet til Ocean Forest er å doble produksjonen hausta tare kvart år framover. Sia produksjonen skal aukast og skalerast opp har eg og vore med på å lage klart nytt rammeverk til nye lokasjonar i sjø til seinare produksjon. Det er store båtar og dykkarar som festar rammeverket på plass i sjøen, men å feste bøyer, lys og festingar til tauverk på overflata er manuelt arbeid. Dette er og noko av det arbeidet eg har fått bidratt i som del av praksisplassen.

2.2 Mål for studiet

Målet med mitt masterprosjekt er å finne det mest egna tauet til produksjon av tare. Faktorar som bestemmer om ein tråd er egna er pris, vekst, brotstyrke og miljøavtrykk. Ein kan tenkje seg eit skjeringpunkt for kva pris ein startar med, og kor mykje tare ein får ut på slutten av haustinga. Dersom det viser seg at fleire tau er økonomisk berekraftig, kan det vere at det er andre faktorar som kjem fram gjennom ein berekraftsanalyse som kan tippe vektskåla mot ei anbefaling. Det er fleire faktorar som inngår i val av materiale, hovudfokuset til oppgåva mi er å sjå på følgande:

1. Undersøkje om det er ulike vekstforhold for sukkertare på trådar av ulike materiale.
2. Vurdere kva dimensjon og materiale tråden skal ha for å ha ei ynskja nedbrytingstid.
3. Gjennomføre ei kvalitativ berekraftsanalyse, for å vurdere materiala sine respektive miljø-påverknader.

2.3 Avgrensing av oppgåva

For å avgrense oppgåva blei det bestemt at eg skulle gjennomføre to praktiske forsøk, og ei teoretisk berekraftsanalyse på kvar av typane tråd eg får tak i. Dei praktiske forsøka var eit dyrkingsforsøk, og eit forsøk for å teste brotstyrken. Litteratursøk og samtalar med produsentar og industri vil gi bakgrunn for berekraftsanalysen. Før eg starta med prosjektet hadde eg lyst å få sett på mange ulike typar tråd til dømes: bomull, trefiber, kokosnøtt, hamp, sisal for å nemne nokon. Tidlege samtalar med tråd-produsentar gjorde at vi tidleg såg oss nøyddde til å avgrense oppgåva til tråd av bomull og trefiber. Dei andre materiala vart avskrive tidleg i prosessen då leverandør opplyser at andre material enten er for dyre, eller ikkje opnar opp for tynne nok trådar for produksjonen. Det blei bestemt at vi dermed skulle ha bomull- og trefibertrådar i ulike dimensjonar og strukturar. Det var ynskje om å teste fletta tråd og strikka tråd. På grunn av leveranseproblem har eg berre sett på tre ulike dimensjonar av same bomullstråd, og fire ulike dimensjonar av same trefibertråd. Altså det er ikkje ulike strukturar på trådane eg testa.

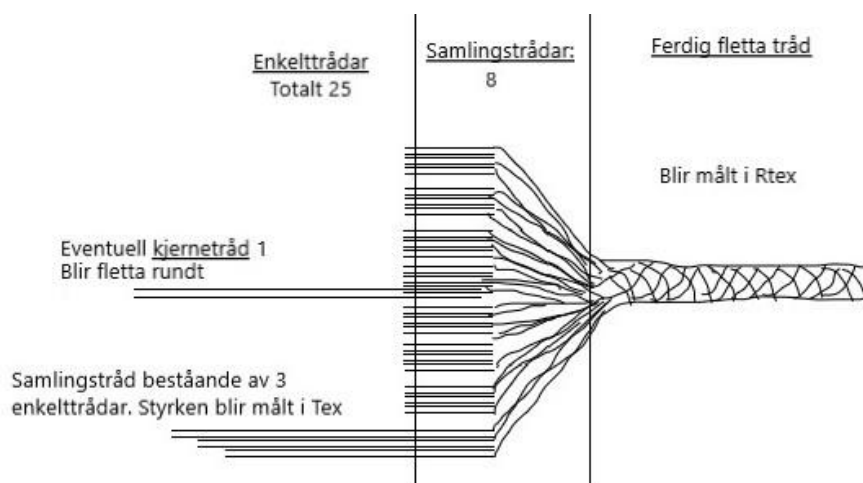
3. Metode

3.1 Trådar brukt i forsøka

Dei ulike trådane som er undersøkt er dei same som i (forsøket er som i) tabell 1. Trådane er fletta saman som vist i fig. 2. Desse trådane har ikkje ein kjernetråd («core»). Bomullstrådane i forsøket har struktur 3x8, 4x8 og 5x8, der 3 betyr «single yarns» og 8 betyr «strands» (som vist i Figur 2). Denne strukturen har og gitt namn til dei ulike trådane. B3, B4 og B5. Trefibertrådane har nesten same oppbygging som bomullstrådane men med 2x8, 3x8 og 4x8. Dei har dermed fått namna T2, T3, T4 og T2x10. T2X10 er ulik dei andre då den har 2 «yarns» i kvar «strand», og 10 «strands» i staden for 8. Den er ikkje frå same parti som den andre (ukjent opphav, mest truleg ei vareprøve frå ein leverandør). Det blei funne ein rull med denne tråden på kontoret på Reksteren, og den blei teken inn i forsøket for å få testa enda ein tråd. Den er fletta strammare enn dei andre trådane. Ein kan sjå at den har ein større Rtex -verdi enn ein skulle tru ut frå dimensjonen, den har ca. 400 større Rtex enn T2, som var tjukkare enn T2X10 (Tabell 1). Sjølv om denne tråden er ein «outsider», blei den tatt med i forsøket i god tru om at leverandør kan replisere den, dersom det skulle vise seg at det er ein tråd ein vil satse på i framtida.

Tabell 1: Ulike verdiar for trådar i forsøket. Material: B = bomull, T = trefiber og Rtex = standar for å kunne replisere tråden.

Namn	B3	B4	B5	T2x10	T2	T3	T4
Sum i 1000meter	0,00809	0,00826	0,00629	0,00301	0,00581	0,00906	0,0079
Total vekt i gram:	9,70	18,26	15,33	6,50	10,36	24,09	43,85
Rtex	1199,011	2210,654	2437,202	2159,468	1783,133	2658,94	5550,633
Ca. diameter i mm	2	2,5	3	2,2	2,5	3	3,5

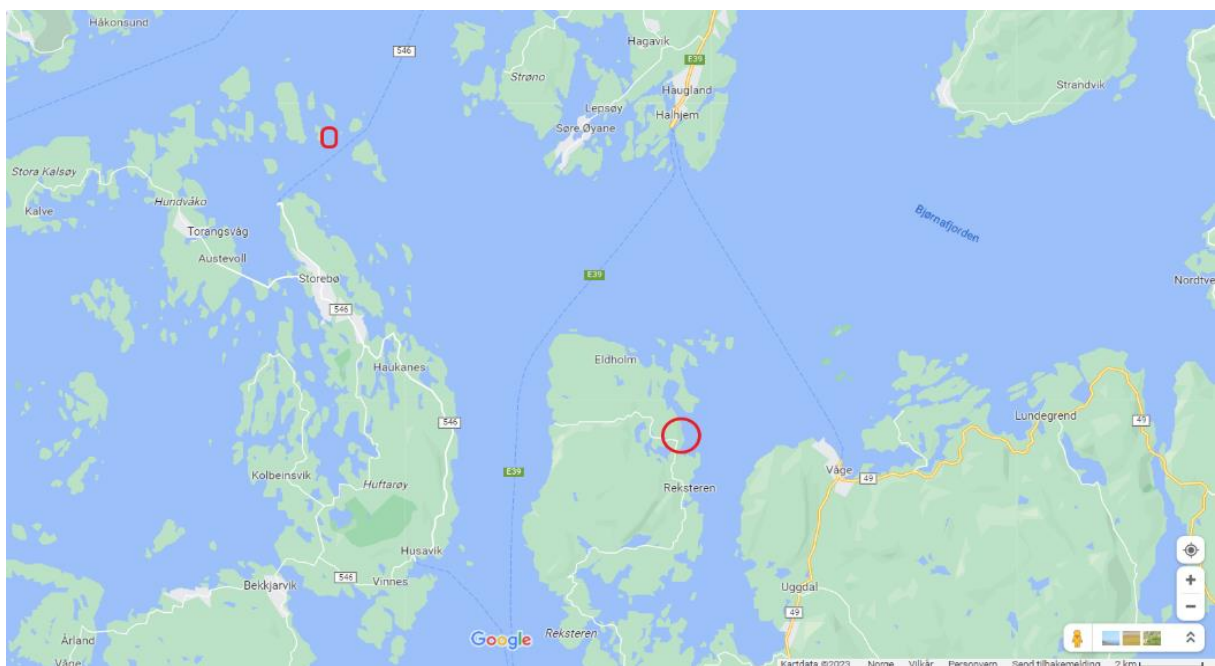


Figur 2: Illustrativ oppbygging av trådane i forsøket. Dei i forsøket har ikkje kjerne, men har fleire trådar i kvar samlingstråd som på figur. Eiga teikning etter ide frå Klust (1982).

Trådane i forsøket har ikkje eit eksakt Rtex-tal, då leverandør ikkje har slike tal. Han leverer, etter eige utsegn, trådar slik at kunden er nøgd og ikkje alltid etter spesielle mål. Maskinene hans kan ikkje stillast inn på eksakte verdiar, men har mekaniske fjører som han stiller inn manuelt. Kor stramme fjørene er bestemmer kor fast tråden vert fletta, og dermed kor mange g/1000 meter sluttproduktet blir. Når det er sagt, har han arbeidd lenge i denne bransjen, og leverer stort sett eit produkt som kunden er nøgd med. Gjennom litt testing har eg ved bruk av vekt med +/- 0.01 g presisjon og målband komen fram til omtrentlege Rtex-verdiar for trådane (Tabell 1).

3.2 Vekstforsøk i laboratorium

I dette forsøket skulle det undersøkast om det er ulike vekstforhold på dei ulike trådane. Forsøket blei delvis gjort på laboratoriet Rex-star Seafood til Ocean Forest på Reksteren, Tysnes, og delvis på anlegg i sjø utanfor Austevoll (Fig. 4). Forsøket gjekk over 6 veker på land, og frå 29. september 2022 fram til siste måling i februar i sjø. Taren står i sjø heilt til mai, men eg henta siste data i februar 2023.



Figur 3: Lokasjonar for vekstforsøket (raude ringar). Lengst nord er lokasjon for vekst i sjø. Lokasjon sør er laboratoriet til Ocean Forest.

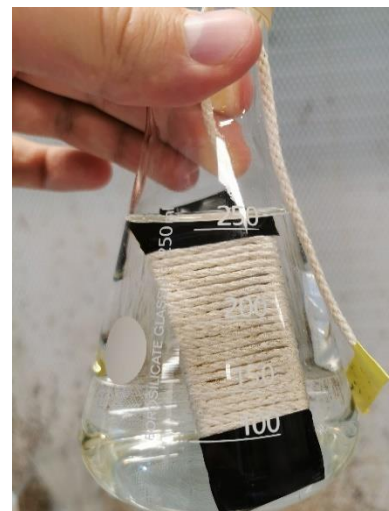
For testing og resultatmålingar vart det gjennomført to parallelle forsøk. Eit småskala forsøk, og eit storskala forsøk. Småskala forsøket var gjennomført i små «kolber» (Fig. 5), mens storskala forsøket var gjennomført i store tankar (Fig. 7). Småskala forsøket speglar storskala forsøket, men gjorde det mogleg å ta bilete av framgangen i mikroskop. I det småskala forsøket vart kvar av dei ulike trådane snurra stramt rundt kvar sine objektglas, og festa med

rørleggarteip som vist i fig. 4. Det blei laga 3 prøver av kvar av dei 7 trådane: 2x8, 3x8, 4x8-bomull og 3x8, 4x8, 5x8 trefiber + 2x10 trefiber (Tabell 1). Vidare vart det laga tre objektglas for kvar av trådane, som totalt ga 6 flater til bilete. Desse objektglasa sto i same temperatur, fekk lik næring og hadde same lysforhold som dei store tankane. Dette gjorde at dei fungerte som referansar til veksten på dei større spolane i storskala forsøket (Fig. 4).

Vidare blei det måla ut passe tarekultur. Det blei brukt same tarekulturen for alle trådane. Kulturen blei oppbevart i vatn, så ein måtte filtrere ut massen, før ein tørka det i filtrerpapir og vog ut riktig vekt. Nøyaktig vekt er ei bedriftshemmelegheit. Ein blanda tørrstoffet ut i pasteurisert sjøvatn. Ei plastpipette blei brukt til å fordele ut vassløysninga på objektglasa.

Alle objektglasa fekk lik mengd kultur, sjølv om dei var av ulik størrelse. Det vil seie at sjølv om dei tynne trådane får færre gametofyttar per meter tråd, så vil objektglasa ha omlag same prosent dekningsgrad per areal. Det er og ei overflod av næring slik at det ikkje er ein bremsande faktor for eventuell vekst.

I det småskala forsøket er det veldig lite gametofyttmasse som skal fordelast. Det gjorde at påføringsmetoden er ulik metoden som vart brukt på dei store spolane. Når ein lagar større spolar til hovudproduksjonen brukar ein penslar og «malar» på gametofyttløysinga. Sidan mengd kultur som skal på objektglasa i detta forsøket er så liten vil gametofyttane «forsvinne» inn i penselen, og ein vil få dårlege referansar. Det vert derfor bestemt å bruke pipette til å fordele utover vassløysninga med gametofyttar. Det blei målt ut 1 ml vassløysning til kvart objektglas med tråd. Vassløysninga vart spreidd så homogent som mogleg på glasa, for å få ei jamn spreiking på gametofyttane slik at målingane blir best mogleg (Fig. 4). Alle prøvene vart sett i kjølerommet i lag med den større ordinære produksjonen til Ocean Forest. Det vart festa ein aluminiumsbit på toppen av kvar kolbe for å hindre fordamping. Det einaste vasstapet kjem frå trådane si eiga kraft til å suge til seg vatn. Det viste spesielt godt på tretråden at dei syg meir vatn enn bomullstrådane. For å kompensere for dette vart det tilsett meir vatn kvar veke, slik at prøvene heile tida stod under vatn og ikkje tørka ut.



Figur 4: Ferdig prøve i kolbe med næring i småskala forsøk.

Etter småskalaforsøket blei laga, laga vi eit storskala oppsett som til slutt skulle ut i sjø for vidare testing (sjå 2.3 Vekst i sjø). Første steg i prosessen med storskalaforsoeket var å spole opp tråd på plastrøyr ved hjelp av ei maskin (Fig. 5). Igjen, sidan trådane har ulik diameter blir det



Figur 5: Maskina som surrar tråd på spolar.

ulik lengd som går med for dei ulike spolane (**Feil! Fann ikkje referansekjelda.** Tabell 2). Ein målte ut 5 meter tråd, sette eit merke før ein laga ein heil spole. Meter brukt per spole vart rekna ut gjennom formel: $\left(\frac{5 \text{ m}}{\text{Centimeter til merket}}\right) \times \text{Total lengde spolen i cm} = \text{Meter brukt}$

Tabell 2: Dimensjonar og meter brukt av dei ulike trådane i storskalforsøket.

Trådnamn	B3	B4	B5	T2X10	T2	T3	T4
Millimeter diameter på tråden	2	2,5	3	2,2	2,5	3	3,5
Ca. meter nytta på spolane	52	40,5	43,5	48	43,5	39	34

Vatn på bomullstau prellar av om ein berre penslar det på, derfor vart alle spolane med tråd sett i bløyt i pasteurisert vatn før utsåing. I det storskala forsøket vart det målt ut riktig mengd kultur som i småskala forsøket. Trådane blei tilsett lik mengd kultur sjølv om dei var av ulik lengd. Det vil mest sannsynleg gi ein større sluttproduksjon på fleire plantar per meter for dei tjukkare trådane enn for dei tynne. Plantane sin størrelse bør vere omlag like, uavhengig av tråddimensjonar, og endringar som vil kome frå ulikt material. Det vil vere overflod av næringsstoff og lys, og derfor vil ikkje stor tettheit vere ein hemmar for vekst. Gametofyttane blei malt på med penslar. Både det å bruke penslar, og mengd gametofyttar til kvar spoler, er same metode som vert brukt i den vanlege produksjonen. Når det vert nytta penslar kan ein derfor sjå på spolar i produksjonstankane at dei kan vere litt «skjoldete», då fordelinga ikkje har vore heilt jamn. Vidare vart spolane sett i nyvaska kar med sjøvatn. Her skal dei stå i seks veker før dei blir sett ut i sjøen (Fig. 6).



Figur 6: Kar med ferdig utsette spolar for det storskala forsøk. Spolane med mitt forsøk er dei øvste av dei to høgdene med spolar. Det er lys frå alle sider, og det vert og sett ned eit lysrøyr i midten av tanken.

I teorien skal spolane snuast litt kvar dag, for å (sikre at alle delane får nok lys) hindre at nokre delar får mindre lys. Denne jobben blei gjort at personale av Ocean Forest. Dessverre vart ikkje rutinen fylgd skikkeleg opp, og ein kan sjå forskjellen i figur 18. Etter veke 3 blei lyset stilt opp frå 30 lumens til 60 lumens. I veke 4 auka vi lysstyrken vidare til 80 lumens. Å auke lysstyrke gjer ein for å auke veksten til sporofyttane, det blir og gjort i den ordinære kommersielle produksjonen. Lysrøyra har dimmerar og vi målte lysstyrken med handhalden målar.

3.3 Vekst i sjø

For å undersøke korleis sluttveksten av tare blir på dei ulike trådane, vart trådane med sporofyttar, etter 6 veker i laboratorium, plassert ut i sjø på følgande vis. Ved hjelp av ein større båt, laga ein til ei dyrkingsline beståande av tråden med sporofyttar og ei tjukkare bereline (Fig. 7 og Fig. 8). På dekk stod to personar og laga til bere/dyrkingslina og ein laga til krokar/ringar til bruk i rammeverket (Fig. 9, dei grønne ringane er til å feste berelina). Berelina må først ut i sjøen for å vaske av eventuell spinnolje etter produksjon. Vidare vart berelina

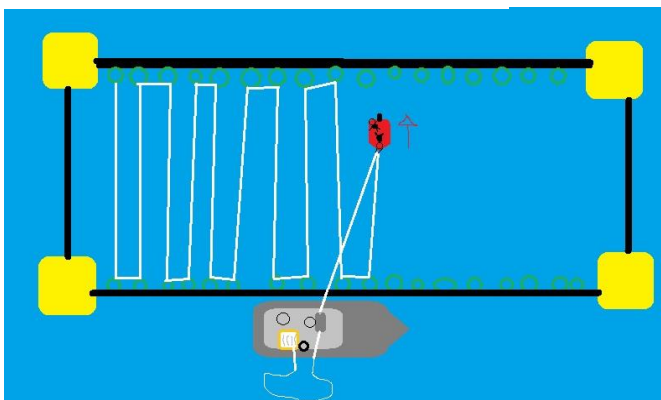
mata inn i ei trommelmaskin, og spolane med dyrkingstråd vert festa der dei svarte rullane i maskina er (Fig. 7). Dei blir så spunne rundt berelina i hensiktsmessig hastigheit (Fig. 8). Vidare vart lina lagt ut i sikksakk i sjøen med hjelp av ei jolle (Fig. 9, Fig. 10). To personar sit i jolla, ein styrer påhengsmotor, og den andre held lina. Når ein kjem til krokane på ei side, strammar eg lina, før vi saman strammar den siste halvmetere og festar kroken. Ein var forsiktige med å dra hendene langs lina så ein ikkje drog av sporofyttane. Tauga må stå stramt så dei ikkje viklar seg inn i kvarandre. Det er ein pågåande prosess for Ocean Forest å finne ei meir tid- og personeffektiv løysing på denne rutinen. Eg var ute og såg til veksten og trådane i februar, resten av trådane skal stå ute vidare til hausting på våren.



Figur 7: Trommelmaskin som skal snurre tynn-tråden (tråden med sporofyttar) rundt berelina.



Figur 8: Berelina med tynntråd surra rundt.



Figur 9: Illustrasjon på utsett metode i sjø. Svarte sirkelar i båt er folk som arbeider under prosessen og dei grøne ringane er til å feste lina.



Figur 10: Berelina med sukkertare i sjø.

3.4 Brotstyrke

For å teste brotstyrken bygde eg ein testrigg med tau som går på tvers. Mellom desse taua vil tråd-prøvene henge (Fig. 11). Det blei knytt på mellom 7 og 10 prøver per tråd på kvart tverrtau. Grunnen til at det ikkje er likt tal trådar på alle prøvene, er at det var ulik lengde tråd igjen etter vekstforsøket. Frå leverandør fekk vi ca. 100 meter trådprøver som skulle halde til begge forsøka, vekstforsøka vart prioritert, og derfor er det nytta mest tråd i dei forsøka. Taurestane etter vekstforsøka har det vorte testa brotstyrke på. I oppsettet vil i teorien den einaste påkjenninga trådane kjenner vere vatn som driv gjennom kassa, og nedbryting av mikroorganismar. Sjølve kassa vil ta i mot stresset med å slå mot bryggekanter, og trådane, bør ikkje oppleve noko form for strekkrefter. Det er festa strippe på eine langsida, så ein skal vite kva som er startside. Vidare var alle trådane festa på same måte for enkel prøvetaking. Dei er festa frå høgre til venstre: B3, B4, B5, T2X10, T2, T3 og T4, det blei brukt strippe for å merke overgangen mellom kvar ny type tråd. Dette gjorde det enkelt å halde styr på dei ulike trådprøvene også etter at dei hadde stått lenge i sjø. Kassa vart løfta ut av sjø og dei respektive trådane blei klipt av og lagt i merka plastposar til dei blei strekt hjå Havforskningsinstituttet heretter kalla HI. Så blei testriggen senka i sjøen igjen.



Figur 11: Oppsett for brotstyrke forsøk. Til venstre: Brotstyrke test-rigg. I midten: Rigger i sjø. Til høgre: Lokalitet for test (Bjørøyna) mot lokasjon i sjø (Austevoll).

Denne delen av forsøket gjekk ut på å teste utviklinga av brotstyrken til dei ulike trådane gjennom vinteren. Resultatet blei målt i kor stor kraft (newton) som trengst for å slite tråden.

Ideelt vil ein at tråden skal vere vekke til hausting, slik at ein slepp å reinske berelina for tynntråd etter hausting. Ein ynskjer likevel ikkje at tråden skal rotne for raskt, men sikre at sporofyttane får festa seg til berelina før tråden er vekk, og dermed tap av produksjon. Hausting skjer i månadsskiftet april-mai.

Forsøket blir gjort på Bjorøyna. Ved ei brygge på Bjorøyna fekk prosjektet stå i fred. Det stod i sjøvatn med straum tilnærma lik den faktiske produksjonsstaden. I luftlinje er det ikkje langt til lokasjonen der taren står i sjø. Dette gjer at ein hadde tilnærma like forhold som i feltet i sjøen der taren skal vekse gjennom vinteren (Dei viktigaste faktorane for brotstyrke forsøket er temperatur, lys og vassutskifting). Dagen etter at prøvene vart henta testa ein brotstyrken til trådprøvene med maskin (Fig. 12) hjå Havforskningsinstituttet (HI) i Bergen sentrum. Prøvene vart henta ein gong i månaden. Trådane låg kaldt for å unngå auka rotning i løpet av tida dei var oppe frå sjø.



Figur 12: Strekkmaskin som les av brotstyrke og topp-verdien i newton når tråden slitnar, maskina er lånt av HI.

Notis: Etter ein månad i sjø var det litt slark i testriggen. Det blei gjort ein notis om at ein neste gong skulle ta med skråstøtter for å sikre konstruksjonen gjennom vinteren. I løpet av november månad har kassa knekt saman av påkjenningane. 5 av stolpane var forsvunne. Skråstøtter som eg hadde tatt med ut, pluss material funne på brygga blei nytta for å bygge riggen på nytt. Tråd B3, var fullstendig vekke på alle tverrtrådar. Den vil derfor ikkje bli testa vidare.

8. januar var eg ut for ny innhenting av trådar. Kassa held stand, men fleire av trådane var slitna i knutepunkta der dei var festa i tverrtaua. T2 var heilt vekke og B4 har for lite material til å teste skikkeleg (berre små stubbar igjen). Dei fleste trådane heng no enten i tverrtaua oppe eller nede. Tråden til T2X10 er den tråden som har flest trådar som hang frå begge tverrtaua. Eg fortsette å ta med trådane til HI for testing. Når dei ikkje har hengt mellom begge linene hadde trådane trekt seg saman og krympa. Det var naudsynt med justering ved testoppsettet fordi trådane hadde krympa, hadde klare svake punkt eller var slitna slik at eg ikkje fekk strekt dei slik ein skal (Fig. 12), men måtte justere korleis eg festa trådane (Fig. 13). Endringa frå standard oppheng blei gjort for å ikkje slite trådane med handemakt før eg fekk dei opp i strekkmaskina. Gjennom strekkinga, såg ein klart at dei strekte seg langt, før dei slitna. Ved måling av styrke slitna dei på få newton.

I februar var alle trådane i kassa vekke. Eg reiste då ut til anlegget til Ocean Forest med tarevekst, altså vekst i sjøforsøket, og tok med trådar derfrå og målte styrken på dei. Resultata frå brotstyrketesten blir vurdert opp mot HI sine resultat på deira arbeid med rotningstau i teiner.



Figur 13: Justert trådoppsett for å unngå klare svakhetar o.l.

3.5 Analyser

3.5.1 Analyse av vekstforsøk i laboratorium

Tidlegare har Ocean Forest brukt ein "sjå kva som fungerer" metode. Der dei har brukt det som ser ut til å fungere. Dei veit frå andre produsentar at nylontråd fungerer, og derfor nytta dei tidlegare nylon til produksjonstråd. Vidare ville dei gå vekk frå nylontråd og såg at ein hadde vekst på bomullstråd og gjekk derfor over til å nytte tråd av bomull. Det er klart at dette ikkje er ein optimal vitskapeleg metode, då ein ikkje kan måle vekst på ein god måte. Derfor foreslo eg at ein kunne følge utviklinga gjennom endring i prosent dekningsgrad. Ocean Forest syns denne metoden verka spennande å nytte, og eg fekk grønt lys for å nytte den metoden vidare. For å analysere korleis taren vaks på ulike trådar tok eg dermed kvar veke bilete av alle

sidene på alle objektglasa frå småskalaforsøket. Bileta blei lagt inn i programvara (IMAGE COLOR SUMMARIZER, ingen dato). Dette er eit online gratis programvare som grupperer fargar i prosent dekningsgrad. Programmet tek eit bilete som det deler opp i pikslar, så grupperer programmet pikslane i fargar etter prosent (Fig. 14). I programmet valde eg veldig høg presisjon, og vidare opererte eg med seks ulike fargar. Det var naudsynt å ha fleire fargar å sortere etter, då støy på bileta, enten frå lys eller gliper i tråden, gjorde at programmet sleit litt med å skilje mellom gametofyttar og skuggar. Eg plussa saman dei relevante prosentane som var gametofyttar for å rekne ut den totale dekningsgrada i prosent på kvart objektglas. Gametofyttane er brune mot lys tråd, ein kan derfor seie noko om dekningsgraden som endrar seg over tid etter kvart som gametofyttane veks, og det kjem sporofyttar. Ved å følgje utviklinga og aukinga i dekningsgrad kan ein seie noko om veksten gjennom dei seks vekene prøvene står i laboratoriet. I tillegg til dekningsgrad, talde eg sporofyttane som var i bileta. Dette vart gjort som eit ekstra mål, dersom gametofyttane veks, men materialet hemmar utviklinga til sporofyttane. Dette kan sjåast i samanheng med dekningsgrada for å peike på den tråden med best vekst. Eit mikroskopbilete tek ikkje bilete av heile flata, men eit utsnitt. Utsåing er ikkje perfekt uniform, og derfor var det tilfeldig kvar på objektglaset eg tok bileta, slik at eg ikkje skulle favorisere områder med antatt god eller dårleg vekst. Einaste justeringane eg gjorde var å passe på at heile høgda på objektglaset kom i bildet, og at eg heller ikkje kom utanom kanten.













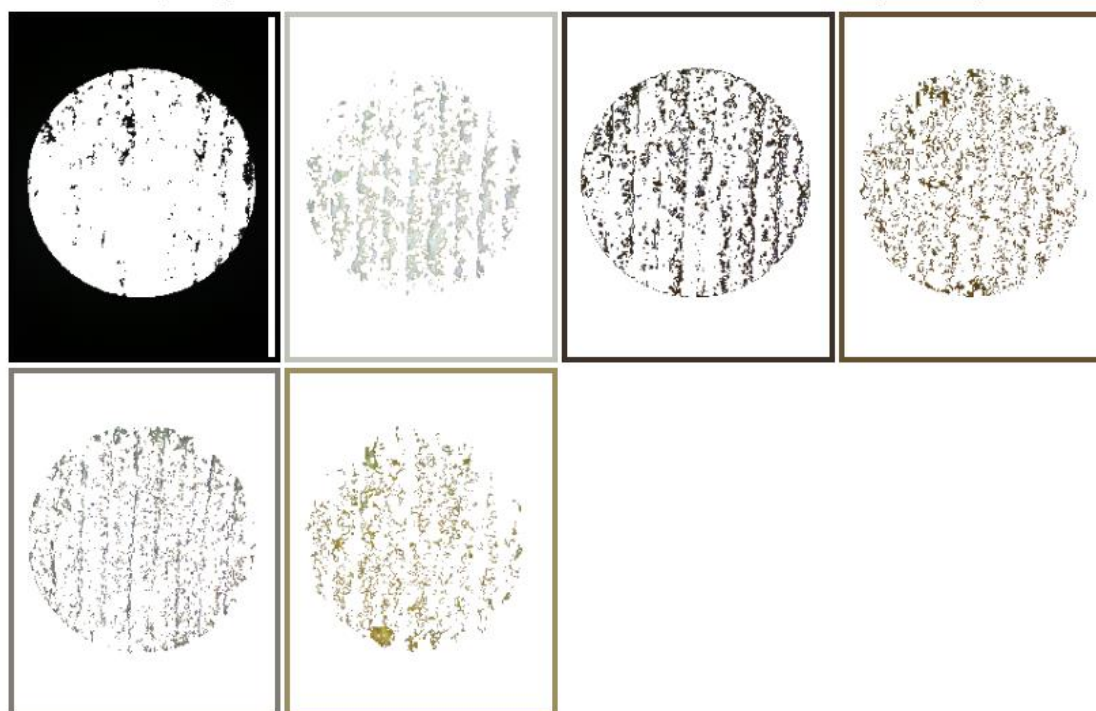
cluster	pixels	name	HEX	RGB	HSV	LCH	Lab	tags
	55.18%	 1, 2, 3 rich black $\Delta E=0.5$	#030403	3 4 3	93 44 2	1 1 131	1 -1 1	almost cod rich black grey
	11.08%	 186, 192, 180 pumice $\Delta E=1.2$	#BEC3B7	190 195 183	82 6 76	78 6 124	78 -3 5	aquashield atmosphere egg grass half kangaroo napa pumice quarter robin secrets spring tasman blue green lemon
	10.59%	 58, 49, 42 bushtrack $\Delta E=0.8$	#3B3129	59 49 41	25 31 23	21 7 63	21 3 7	deep burnt dark bean bushtrack coffee creole cuban marlin oak pasifika sambuca soil style tan treehouse umber
	8.39%	 101, 85, 53 toasted green $\Delta E=2.3$	#655131	101 81 49	37 51 39	36 22 81	36 3 22	dark coast dallas donkey fawn gamboge gum limed shingle toasted trailblazer west brown green
	7.61%	 130, 127, 121 concord $\Delta E=0.9$	#807C75	128 124 117	36 9 50	52 5 85	52 0 5	chicago concord delta friar gunsmoke half industrial montoya silver stonehenge tapa triple grey
	7.14%	 147, 130, 85 twister $\Delta E=4.7$	#9B8E5F	155 142 95	47 39 61	59 27 95	59 -2 27	twister

IMAGE CLUSTER PARTITIONS

Pixels of the image assigned to each cluster. The border is the color of the cluster as calculated by the average value of its pixels.



Figur 14: Korleis programvara ser dekningsgrada. (Ein må på alle bileta trekke frå det svarte rundt mikroskopbilete, på alle bilda er den ca. 50%)

3.5.2 Analyse av brotstyrke

Ein gong i månaden vart det henta ut ein «kassett» med trådar. Desse vart tatt med til HI for testing av brotstyrke. Tauga blei festa i ein strekkbenk av typen SAUTER Stepper motor test stand (Fig. 12). Denne drog ut 100 millimeter per minutt. Det er kopla på ei strekkcelle og ein digital avlesar, også av SAUTER. Denne les av toppverdien akkurat når tråden slitnar, og styrken vart oppgitt i newton. Denne typen strekkceller fungerer ved å klemme fast tråden, og unngå skarpe kantar. På denne måten får ikkje tråden påført nokon svakheiter under strekking. Dei fleste trådane sleit andre stadar enn i klemma. Nokre trådar blei slitt i klemma,

og resultatet blei sett vekk frå. Resultatet blei ført i Microsoft Excel for å illustrere utviklinga på ein god måte.

3.5.3 Innhenting av resultat på seinvinter

Når trådane i brotstyrkeforsøket er vekke, blei det gjennomført ein sjekk ute på lokasjonen til vekstforsøket. Då blei det tatt med trådprøver der for å teste styrken dei resterande trådane der. Det blei og tald plantar per meter, og kor store taren som vaks på dei ulike trådane var. Dette blei gjort for å få eit bilete av korleis ting utvikla seg etter det har stått i sjø.

3.5.4 Berekraftsanalyse

Ein kvalitativ berekraftsanalysen skal gi eit overordna blick på konsekvensen av å bruke dei ulike materiala. Aspekta som eg ser på er: miljøsertifiseringar, kva kjemikaliar som vert nytta, energi som har gått med til produksjonen eller konsekvensar for lokalbefolkninga som t.d. jobbar i åkrar med sprøytemiddel. Til denne delen har eg brukt ulike verktøy for å få eit nyansert bilete av dei ulike materiala, og eg har nytta google.scholar for litteraturanalyse, i tillegg har mail korrespondanse og samtalar med bransjefolk gitt innsikt. Desse kjem med påstandar som eg seinare brukar google.scholar for å verifisere eller falsifisere. Den kvalitative berekraftsanalyse blir presentert i seksjon 5.3. Det er mest sannsynleg egyptisk bomull som vart brukt i bomullstrådane i forsøka. Mest sannsynleg, for det var så godt produsenten klarte å lokalisert kvar han har kjøpt bomull. Det har vore gjort fleire forsøk på å kome i kontakt med nokon i Egypt for å få stadfesta opplysningane. Det har vorte sendt mail til personar ved universitet, i private selskap og til offentlege ministrar i landbruksdepartementet. Det har ikkje gitt respons, m.a. har fleire av e-postadressene vist seg å ikkje vere i bruk lenger og ingen svar blei mottatt. All informasjon om egyptisk bomullsindustri er dermed henta frå artiklar.

For trefibertrådane har eg kontakta produksjonsselskapet direkte, og hatt samtalar med ein representant frå dei på mail og i telefonmøte. Han har gitt meg med innsikt i industrien. Påstandar og kommentarar som kjem derfrå vert faktasjekka mot artiklar og andre fagpersonar, for å sikre at ein får eit nyansert bilete av informasjonen.

4. Resultat:

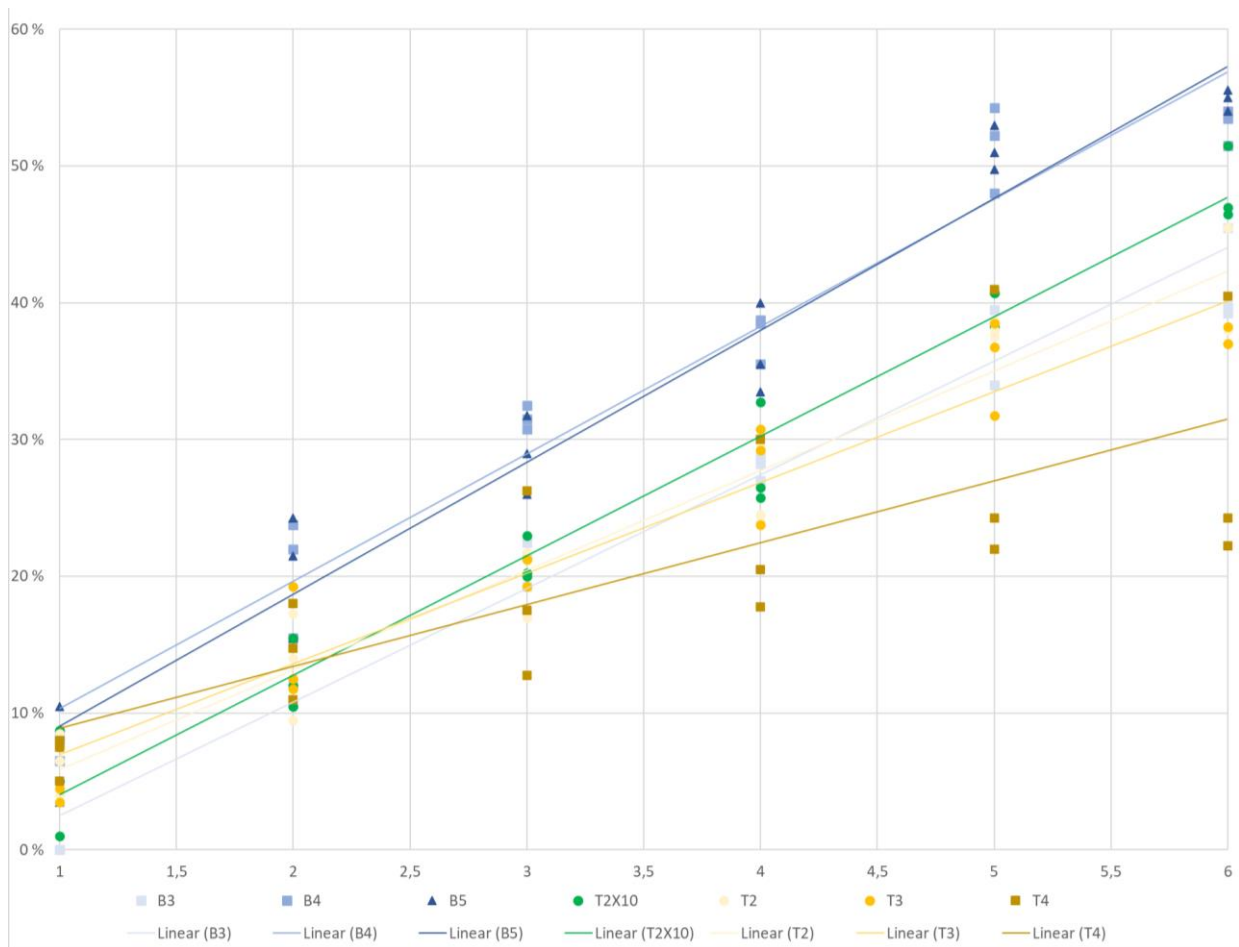
4.1 Vekstforsøk

4.1.1 Vekstforsøk i laboratoriet

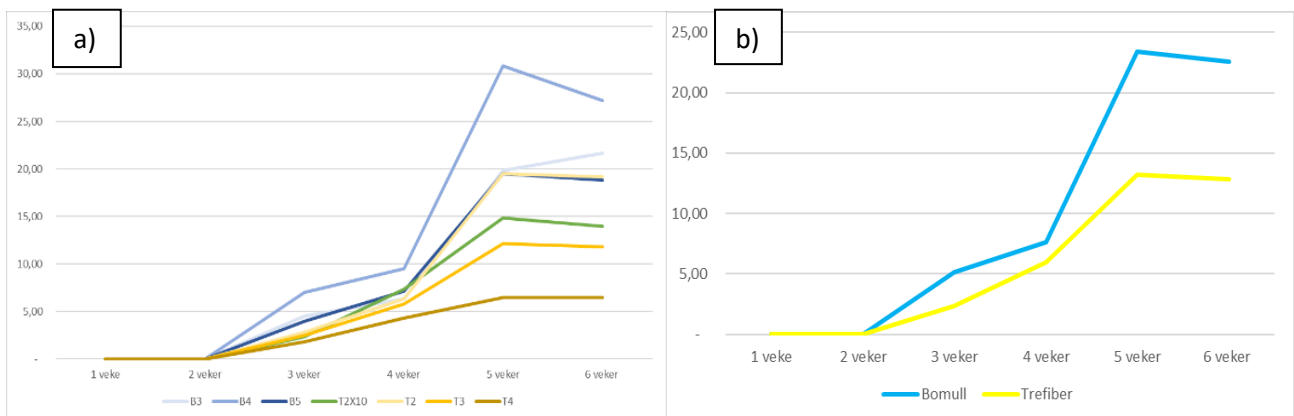


Figur 15: Bilete av dekningsgrad utvikling til B5 veke 1 til venstre og veke 6 til høgre (Resten av bileta sjå vedlegg 1).

Gjennom seks veker i laboratoriet ser ein ei klar utvikling av gametofyttane i småskalaforsøket (Fig. 16). For trådtypane med dårlegast resultat ser ein ei dekningsgrad på under 10%. Det er ei relativt jamn fordeling av dekningsgrad frå desse dårlegaste resultata, opp til trådtypane med høgast dekningsgrad på mellom 20 og 55% (Fig.16). Det er stor forskjell mellom trådane, og ein kan og sjå ein tendens til at bomullstrådane (B3, og B4) har høgare dekningsgrad enn trefibertrådane (T2, T3, og T4). Tråden T2X10 er den einaste trefibertråden som er i nærleiken av bomullstrådane på vekst. Den har faktisk betre utvikling enn B3. Det er og ein tendens til at tjukkare bomullstråd gir betre vekst, medan tjukkare trefibertråd gir dårlegare vekst.



Figur 16: Graf som viser utviklinga av vekst på dei ulike trådane gjennom forsøket. Blå-tonane er bomull og gul er trefiber. Sidan T2X10 er frå eit anna parti enn dei andre trefibertrådane og har anna struktur enn dei andre trådane er den markert med grøn. Mørkare farge er tjukkare tråd. Kvart punkt er merka og ikkje merka side på objektglaset slått saman til eit gjennomsnitt, for å ta vekk unødige støy i grafen (Vedlegg 1).

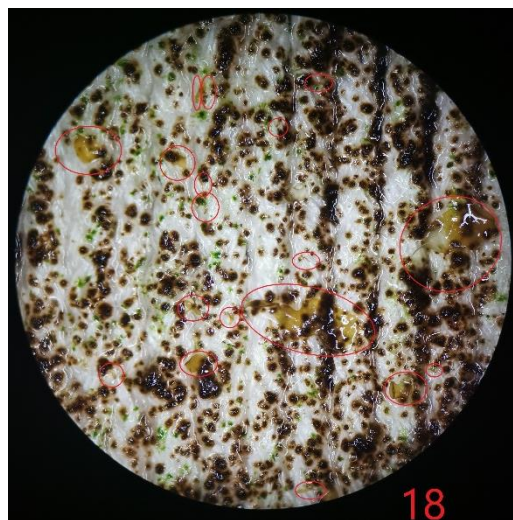


Figur 17: Gjennomsnittleg sporofytt-tilvekst på dei ulike trådane gjennom vekstforsøket i laboratoriet. Figur a) Gjennomsnittleg tal sporofytter for kvar veke på kvar trådtype frå veke 1 til veke 6. Figur b) Gjennomsnitt på tal sporofytter på alle bomull og trefibertrådar slått saman frå veke 1 til 6. (Vedlegg 2), b) 3).

I tillegg til å sjå på dekningsgrad, er også teljing av sporofyttar ein god indikasjon på utvikling. Eg gjennomførte teljing av sporofyttar frå veke 2, då dei på dette stadiet er store nok til å kunne observerast i mikroskop. (Fig. 18). Tal sporofyttar aukar under forsøket. Det bygger opp under resultatet frå analyse av dekningsgrad (Fig. 16). Jamt over hadde trefibertrådane færre sporofyttar enn bomullstrådane (Fig. 17b), men T2 hadde like god vekst som B5 (Fig. 17a). Kvifor er ikkje så godt å seie, men ein grunn kan vere at det vart vanskeleg å telje dei ulike sporofyttane utover i forsøket. Då vart sporofyttblada så store at dei blei enkle å sjå, men samtidig kunne dei dekke dei for kvarande slik at dei mindre sporofyttane kunne vere skjult av større. Dette er nok delvis grunnen til nedgangen ein ser av totalt tal sporofyttar mot slutten (Fig. 15a). Nedgangen i sporofyttar frå veke 5 til 6, kan og vere fordi eg har vore «uheldig» med tilfeldig valt plassering av mikroskopet over objektglaset. Dette vil kunne påverke talet sporofyttar i utsnittet.

4.1.2 Vidare vekst i sjø

I februar blei det registrert resultat frå storskalaforsøket som har stått i sjøanlegget til Ocean Forest. På trefibertrådane var det mykje dårlegare vekst enn på bomullstrådane. På trefibertrådane var det mellom 2 og 15 plantar per



Figur 18: Sporofytt-teljing veke 5 B5 (1)
(Resten av bileta sjå vedlegg 1).

meter, og plantane hadde ei lengde på mellom 3 cm og 25 cm. På alle bomullstaua var det ca. 50 plantar per meter, og der var plantane ein stad mellom 5 cm og 50 cm. Sjå Tabell 3 for alle målingar. Ein såg og ein klar forskjell på forankringsstrukturen til taren (Fig. 19). Forankringsstrukturen på plantane festa til bomullstau var klart større og meir velutvikla enn på trefibertaua.

Tabell 3: Resultat for sjekk av storskalaforsøket i Februar.

Trådar	Plantar/m	Lengder
B3	50	5 – 30 cm
B4	50	5 – 50 cm
B5	50 +	5 – 50 cm
T2X10	10	5 – 15 cm
T2	0-2	3 – 10 cm
T3	15	5 – 25 cm
T4	10	3 – 25 cm



Figur 19: Forankringsrota til taren frå produksjon i sjø. Trefiber-tråd til venstre, bomull-tråd til høgre.

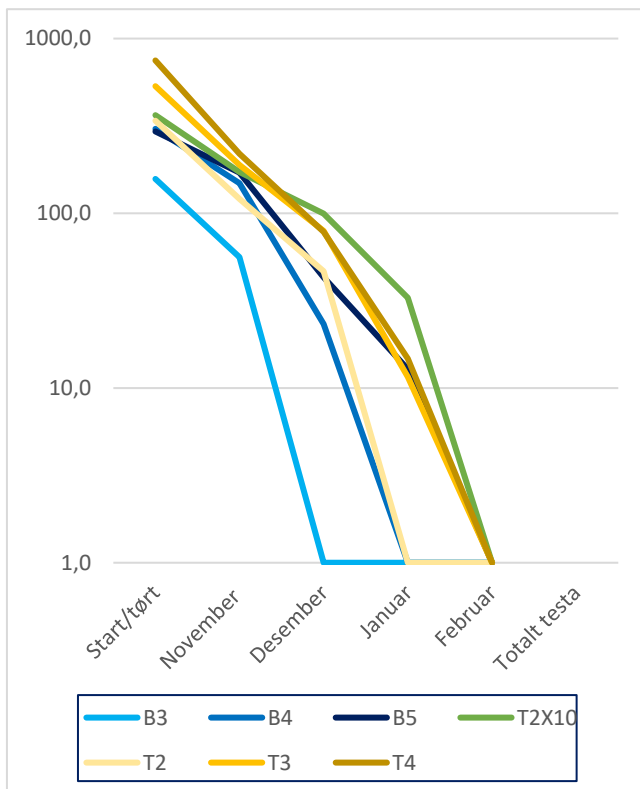
4.2 Brotstyrke

Ein ser klar forskjell i styrken for dei ulike trådane i forsøket (Fig. 20). Det som overraska mest er kor sterk den relativ tynne tråden T2X10 held seg gjennom forsøket. Den starta sterkare enn den tjukkaste bomullstråden med respektive 364,3 newton og 293,9 newton. Når ein les resultatata i Tabell 4, må ein ta med i vurderinga at frå november til desember så vart testriggen øydelagd. Dermed er resultatet etter dette ikkje til å stole på. Ein må også hugse på at eg testa tørr tråd, før eg blei gjort merksam på at tørr tråd er svakare enn våt tråd. I Tabell 5 er startstyrken med tørr bomull. Sidan eg ikkje hadde meir tråd, blei det gjort eit forsøk med ein bomullstråd med omlag like dimensjon som B4 som er med i forsøket. Her sleit eg trådar i tørr og våt form, og fann ut at for denne tråden er våt bomullstråd er nesten 20% sterkare enn tørr

bomullstråd. Ein ser frå figur 16 at trefibertrådane er jamt over sterkare enn bomullstrådane. Havforskningsinstituttet har og forska på rotningstrådar, men då til fiskereiskap. Resultatet passar inn med HI sine funn, som og viser at kurva til brotstyrken dett raskt i starten før den flatar ut mot slutten av forsøket (Jørgensen, 2019).

Tabell 4: Utviklinga av brotstyrkeforsøket i newton. Start måling er med tørr tråd, resten av målingane er med våt tråd. Februarmåling kan ein sjå vekk frå då alt var vekke då.

Namn/Dato	Start/tørr	November	Desember	Januar	Februar
B3	157,3	56,1	1	1	1
B4	304,3	148,6	23,2	1,0	1
B5	293,9	170,6	43,0	12,8	1
T2X10	364,3	172,0	99,7	32,9	1
T2	338,6	120,9	46,6	1,0	1
T3	533,6	188,7	79,2	11,6	1
T4	749,1	219,4	78,3	14,7	1



Figur 20: Graf over utviklinga til trådane i forsøket. (Vedlegg 4).

Då alle trådar frå testtriggen var rotne vekk ved måling i februar, blei det gjort målingar med trådar frå vekstforsøk i sjø (Metode 3.3). På trefibertrådane var det 1 eller 2 brot per meter på trådane langs berelina, med unntak av den tynnaste tråden T2 som hadde fleire brot. Bomullstrådane hadde fleire brot, og B3 slitna veldig lett (Tabell 5). Den var så svak at strekkmaskina til HI som eg har nytta ikkje registrerte toppverdi på brotstyrken. Maskina må ha minimum 5N brotstyrke for at den skal registrere at den drar i noko, og gi ein toppverdi.

Tabell 5: Brotstyrke frå trådar med vekst frå storskala-forsøket i februar månad.

<i>Trådar</i>	<i>Brot</i>	<i>Snitt Brotstyrke (N)</i>
<i>B3</i>	Flest brot	0 < 5
<i>B4</i>	Fleire brot	38,8
<i>B5</i>	Fleire brot	56,3
<i>T2X10</i>	0 brot	78,0
<i>T2</i>	Fleire brot	30,6
<i>T3</i>	2 brot	31,6
<i>T4</i>	1 brot	53,3

Feil! Fann ikkje referansekjelda.

5. Diskusjon

Formålet med denne oppgåve er å finne den mest egna tråden til Ocean Forest sin produksjon av sukkertare. Det blei gjort ved å gjennomføre to vekstforsøk i laboratorium, et småskala og et storskala, der veksten av tare på ulike trådar vart testa. For å undersøke korleis sluttveksten blir på ulike trådar, blei trådane etter 6 veker i laboratorium plassert ut i sjø. Vidare vart det gjennomført forsøk i felt der ein ser på rotningstida til dei ulike trådane og detta var analysert gjennom målingar av brotstyrke. I tillegg til god vekst og sluttproduksjon av tare er Ocean Forest også opptatt av att bruka ein tråd som har minst mogleg miljøpåverking i sin produksjon. For å undersøke dette blei det til slutt gjennomført ei kvalitativ berekraftsanalyse der eg ser på korleis dei ulike trådane påverkar miljøet. Resultata frå dei kvantitative og kvalitative analysa gir grunnlag for ein diskusjon og rekommandasjon om kva tråd er best egna til tareproduksjon i Norge.

5.1 Funn frå resultat

5.1.1 Kva tråd vaks taren best på?

Det er ein klar trend at bomullstrådar har best tilvekst av tare i laboratoriet. Dei fleste trådar av bomull har betre tilvekst enn trefibertrådane. B4 og B5 var dei to beste trådane, med omtrent lik tilvekst av gametofyttar. For gjennomsnittleg tal på sporofyttar var det B4 som kom best ut. Samla sett var B4 den tråden med best vekst. Tråden med verst vekst både på tilvekst av gametofyttar og sporofyttar var T4. Ei hypotese er at trefibertråden inneheld eit kjemikalie som taren ikkje likar. I ein tjukk tråd vil det vere meir av dette kjemikaliet per centimeter enn i ein tynn tråd, og det vil derfor hemme veksten meir. Ei anna hypotese kan vere at overflatestrukturen på trefibertrådane er litt annleis enn på bomullstrådane og at taren ikkje likar det så godt. Den siste hypotesa forklarar ikkje kvifor T2X10 faktisk gjer det betre enn B3 tråden når det gjeld gametofytt tilvekst. Resultatet med at bomullstrådane har betre vekst enn trefibertrådane, blir underbygd av undersøkinga av taren i sjø i Februar månad. Det at det var så stor forskjell på dei ulike materiala kom som ei overrasking både på meg og på Ocean Forest.

Tidlegare har Ocean Forest gjort heilt enkle «prøv og feil» forsøk av vekst av tare på ulike tau. Her har dei sett kva som fungerer og kva som ikkje fungerer. Dei har ikkje laga nokre større rapportar eller liknande der dei viser eiga eller viser til andre si forskning. Den same mangelen av forskning på «tilvekst av tare på ulike material». I litteraturen finn ein informasjon om ulike

oppsett av storskala produksjon og produksjonsmetodar. Dersom rapportane nemner utsåingsprosessen, fortel dei at det blir «sådd gametofyttløysingar på tynne trådar, og spinn tynn-trådane vidare rundt tjukkare bereliner» (Skjeremo, 2020 & Bak et al. 2018). Rapportane fortel ikkje noko om kva material som er brukt. Dette er ei relativ ny næring her i vesten, og eg trur at ein gjer det som fungerer fordi det fungerer, ein har kanskje ikkje tid eller kapasitet enda til å finne ut kvifor. Etter samtalar med vår trådleverandør som leverer tråd til andre tareselskap og, kjem det fram at det er plastbaserte trådar som er det vanlege i bransjen. Kanskje er det fordi plast har ein lavare pris, eller kanskje er det fordi det er plastbaserte trådar som er normalen i havnæringa.

5.1.2 Kva tråd har den optimale rotningstida?

Eit spørsmål som og er viktig å vurdere er kor lenge dei ulike trådane varer i sjø før dei rotnar vekk. For Ocean Forest er spørsmålet kor tynn trådane kan vere. Dersom ein har ein tynn tråd får ein plass til fleire meter per plastrull i produksjonen. På den andre sida, vis tråden er for tynn, kan den rotne vekk før taren si festerot har fått festa seg skikkeleg på berelina som den skal haustast frå. Det er også eit poeng at tråden skal ha rotna vekk før april når haustinga byrjar.

I bortstyrketesten var trefibertrådane klart sterkare enn bomullstrådane. I praksis betyr det at ein kan ha ein tynnare trefibertråd enn bomullstråd til produksjonen, dersom ein berre ser på styrke. Resultatet frå brotstyrketesten i februar viser at alle trådar fortsett var til stades, men at B3 tråden (den tynnaste bomullstråden på ca. 2 mm) omtrent var vekke. Det var jamn og tett vekst av plantar på berelina som B3 var spunne rundt. I februar hadde trådane først stått i laboratorium og så i sjø rundt bereline i totalt 5 månadar, derav 6 månader i laboratorium. Sidan B3 var så godt som vekke når ein i februar såg ei fin jamn fordeling av plantar, utan at det var parti på lina som hadde mista plantar, kan ein konkludere med at etter 4,5 månadar vil plantane ha festa seg til berelina. Dette såg vi fysisk når vi var ute. Det er nærliggande å tru at tida er kortare enn 4,5 månad før taren har festa seg, men denne studien har ikkje fastsett tidspunkt nærare. Det betyr at ein treng ikkje ein tråddimensjon som er større enn 2 mm bomull for rotning og festetid sin del.

HI har vurdert at rotningstrådar i teiner av bomull med diameter mindre enn 3 mm er brote ned etter 5-6 månader i sjø (brotstyrke på mindre enn 5 newton) (Jørgensen 2019). Det er betrakteleg lengre enn det trådane i brotstyrkeforsøket varte. Det blei og observert i HI sine

forsøk at dersom det er mykje tilvekst av makroartar, til dømes tunikatar, så vil trådane få ein markant høgare levetid då dei beskyttast frå det ytre miljøet (Jørgensen 2019). Det er uklart kor mykje beskyttelse for det ytre miljøet taren gir, men det er noko som må takast med i berekningane når ein skal velje tråd til dyrking. Det er heller ikkje sikkert det er naudsynt å buke mykje krefter på å berekne den absolutt mest optimale tjukkelsen på tråd for rotningstid. Dette er ein produksjon som går over eit halvt år, og ein kan ha ein måned buffer, for å ikkje mister produksjon i sjøen, og det vil vere godt nok for produksjonen som den er i dag.

5.1.3 Reell vekst og brotstyrke frå resultat henta i sjø i februar

Frå resultatheiting frå vekstforsøket i sjø i februar når alle trådar i brotstyrkeforsøket var forsvunne, kom det fram nokre veldig interessante funn (Tabell 3). Så store forskjellar i vekst på trefiber og bomullstrådar er det ingen som hadde venta seg, sjølv om ting såg hakket betre ut for bomull etter vekene i laboratorium. Det var og stor forskjell i brotstyrke på trådane som var henta frå feltet med vekstforsøket, og dei siste månadane med testing i testrigger min. I vekstforsøket var B3 (den tynnaste bomullstråden på ca. 2 mm) til stades, men var veldig forvittra og strekk-maskina på HI klarte ikkje å lese av kor mange newton som skulle til for å slite den. Trefibertrådane er litt tjukkare enn sine respektive bomullstrådar, ca. 1 mm tjukkare, og det gir derfor meining at dei er litt sterkare og. Den tråden som ligg utanfor normalen er tråden T2X10, den hadde i snitt 78 N i brotstyrke. HI har gjort fleire forsøk på brotstyrke. Ei av erfaringane dei har gjort seg er at dersom trådar ikkje heng fritt men ligg tettpakka, dei gjor forsøk med trådar i ved-sekkar, vil trådane få ei kunstig høg rotningstid. Dette er grunna redusert vassgjennomstrøyming mellom dei tette fibrane. T2X10 har 4 tynne trådar fleir enn T2 og dermed litt anna flettestruktur. T2X10 har også ein mindre diameter enn T2X8. Ein kan derfor seie at trådane er fletta tettare saman enn i dei andre trådane. Dette kan kanskje ha gitt ein lengre haldbarheit, fordi det ikkje gir noko vassgjennomstrøyming gjennom dei fletta fibrane.

5.1.4 Utfordringar som kan ha gjort utslag på resultat og forbetningspotensial

Det har oppstått nokre utfordringar og knutar på tråden gjennom dei ulike forsøka. Det som er bra er at dei ulike problema som blir nemnd under, har vore problem for alle trådar og ikkje berre nokre få. Dette gjer at trådane har hatt like forutsetningar under forsøka, sjølv om forutsetningane ikkje har vore optimale.

5.1.4.1 Vekstforsøk i laboratoriet

Småskalaforsøk

Dei utfordringar under det småskala vekstforsøket som kan ha påverka sluttresultatet er knytt til for lite lys på prøvene, ulike mengde næring, og vekst av grønalgar. Det blei og kommentert at basert på tidlegare erfaringar, så såg veksten på småskalaforsøket mitt «tett og klumpete» ut, at gametofyttane ikkje breia seg utover som det pleia og gjer. Kvifor var det ikkje godt å seie, slik som skjedde av og til.

For lite lys

Eg har følgd Ocean Forest si oppskrift på dyrking og såg til forsøket ein gong i veka, men når vi kom til veke 4 vart det avdekka at vi skulle ha stilt opp lysstyrken i veke 3. Etter lysstyrken blei skrudd opp i veke 4, var det eit klart vekst hopp til veke 5 (Fig. 17). Denne gleppen har medført at sporofyttane som blei sett i sjø kunne ha vore større enn dei var.

Ulike mengd næring

Småskala forsøket skulle vere ein refleksjon av dei store rullane i storskala forsøket. I ettertid har det vist seg at dei små har fått vesentleg meir næring enn dei store tankane. Kvifor er det ingen som kan svara heilt på, det er berre slik prosedyren for småskala-forsøk har vore hjå Ocean Forest. Formålet med forsøket var å sjå forskjell på vekstforholdet på ulike trådtypar. Ettersom alle typane har hatt same forhold vurderast resultatet å vere brukande til ynskja formål, trass i at forholda er ulike vekstforholda ved dyrking. Ein kan derimot ikkje seie at der er ei direkte spegling av dei store rullane.

Vekst av grønalgar i prøvene

Etter ei stund såg ein på bilda som vart tatt at det vaks fram grønne flekkar. Dette er uynskte grønalgar. Lerøy har rutinar for å «vaske» gametofytt-kulturane sine slik at dei ikkje skal ha grønalgar, og i undersøkinga før oppstart kunne ein ikkje sjå grønalgane. Likevel har det vore sporar, for det dukka opp både i småskala forsøket, storskala forsøket, og andre tankar i hovudproduksjonen der ein har nytta same kultur. Grønalgar gir konkurranse om næringa for sporofyttane, og er ikkje heldig for forsøket. Ei kunne kanskje hatt større og fleire sporofyttar ved utsett i sjø dersom produksjonen hadde vore fritt for grønalgar.

Storskalaforsøk

I teorien står rullane med tråd med lys frå alle sider, slik at det skal vere nok lys. Likevel kan ein sjå på bileta (Fig. 21) frå utsetting av rullane i det storskala forsøket at det har vore mangel på lys på rullane, då veksten er ujamn. På Reksteren er det ein som har ansvar for å snu på alle rullane i heile produksjonen i løp av vekene, men denne rutinen har vore for dårleg, noko som vise igjen på sluttresultatet. Hadde alle sidene fått tilstrekkeleg med lys hadde ein hatt feire og meir uniforme sporofyttar rundt heile spolen ved utsett.



Figur 21: Fram og baksida på same rull i forsøket ved utsetting.

5.1.4.2 Brotstyrkeforsøk

Eg har gjort meg nokre erfaringar om kva eg ville gjort dersom det skulle gjennomførast eit nytt brotstyrkeforsøk. Heilt overordna, testriggen skulle ha vore meir stødig, og trådane skulle vore festa annleis.

Testriggen

Testriggen var ikkje robust nok. Den var nokså stødig i november, men det blei gjort notis om å ta med skråstøer i desember. Eg vil derfor ikkje tru den knuste med eingong etter eg reiste frå den, men det er klart at ei veke eller to der trådane haldt strukturen saman, og ikkje plankane i riggen, har påført trådane eit større unødvendig stress (Fig. 22). Ein kan derfor seie at målingane frå desember av ikkje viser dei reelle levetidene til trådane i sjø, men berre viser styrkeforholdet mellom dei ulike trådane i forsøket. Dersom forsøket skal gjerast på nytt, kunne det vore lurt å få tak i ei gammal krabbeteine av metall eller liknande. Då hadde ein vore sikker på at ting ikkje blei øydelagt.



Figur 22: Testriggen i knust tilstand (til venstre), og nybygd tilstand (til høyre).

Trådopphenget

Sjølv om kassa ikkje hadde knekt saman, har det i etterkant vist seg at resultatet mitt ville ikkje ha vore eit nøyaktig bilete av kor lenge trådane ville vart i sjø. Alle trådane er knytt i berelina denne knuten skapar eit svakt punkt, og ville slitna først sjølv om resten av tråden er relativ sterk. Det kunne ein sjå på trådane i desember. I desember så var det berre nokre av T2X10 trådane som hang i begge berelinene. Resten var slitna enten i øvre eller nedre knute. Det var ikkje nokon som var slitna på midten og hang i begge linene. Etersom teiner også er knytt og har denne svakheita i tauet, eignar denne metoden seg for HI sjølv om den ikkje treff heilt formålet i dette forsøket. Hadde eg skulle gjort forsøket på nytt hadde eg prøvd å lime, stripse eller på anna måte klemme fast trådane i berelina for å unngå slike svake punkt.

5.2 Berekraftsanalyse

Vi gjør ei kvalitativ berekraftsanalyse på dei ulike materiala som skulle vere med i forsøket. Denne berekraftsanalysen vil vere til hjelp dersom to trådar har like gode resultat for vekst og brotstyrke. Dersom det viser seg at den eine tråden er betre for miljøet enn den andre kan det bli tatt med i ei vurdering for val av tråd. Kort tid etter prosjektstart blei det klart at eg berre kom til å teste bomullstråd og trefibertråd. Sjølv om eg berre har to ulike material i forsøket, er det fortsett interessant å gjennomføre ei kvalitativ berekraftsanalyse, og å nytte den i konklusjonen om kva tråd som er den beste tråden å dyrke tare på.

Tidlegare har Ocean Forest brukt plastbaserte dyrkingstrådar. Dei vil no gå vekk frå plastbasert trådar, sjølv om rykta frå dei eg har prata med gjennom praksisen tilseier at dette er standarden i bransjen. Å byte vekk frå plastbaserte trådar gir eit par gevinstar. Dersom ein bytar til organisk tråd får ein gevinst i arbeidstimar brukt til å reinske berelina for tråd i etterkant. Nylontråden vasar seg rundt berelina i produksjonen ved hausting, og ein må bruke tid og krefter på å reinske berelinene som skal brukast igjen (Fig. 23). I tillegg får ein òg ein gevinst med at ein slepp å få mikroplast ut i miljøet, som igjen sukkertaren potensielt kan ta opp. Det kan skje med at plastbitar setter seg fast på blad, og at bladet kapslar det inn (Jones et al. 2020). Det vil då bety at det reine produktet som blir seld, kan innehalde mikroplast, og at det derfor ikkje så reint som ein ynskjer. Dette vil Ocean Forest unngå, for å skilte med eit så grønt og rein produkt som mogleg. Men tråd av naturfibrar har og miljøkonsekvensar, desse er primært knytt til produksjonen av fibrane.



Figur 23: Knute med nylontråd rundt berelina etter hausting

5.2.1 Fotavtrykk til bomull

Bomull er ei av dei største tekstilnæringane og ei milliardnæring som produserer for ca. 600 milliardar dollar kvart år (Khan et al. 2020). Det blir produsert over alt, og dermed er det litt ulikt kva resursar som blir brukt av i produksjonen. Til dømes så brukar bomull får Egypt, der bomulla frå prosjektet kom, store mengder med vatn til produksjonen. 53% av verdast bomullsåkrar vert kunstig vatna og desse åkrane står for 73% av verdast bomullsproduksjon (Chapagain et al. 2006.). Nokre land som lenar seg stort på vatning er Egypt, Pakistan, og nokre åkrar i Kina (ibid.). Ein del av dette vatnet er grunnvatn, og produksjonen har ført til minking

av vassreservoara. Egypt leverer ca. 1,3% av bomulla på verdsmarknaden (ibid). Når ein målar vassforbruket til eit produkt, kan ein sjå på akkurat kor mange liter vatn som trengst for å produsere ein kilo med plante, men det går mykje meir vatn indirekte inn i prosessen før ein får eit ferdig produkt. Når ein ser på alt vatnet som vert tatt med i heile verdikjeda av produktet kalla ein dette virtuelt-vassforbruk. For å produsere bomull i Egypt går det med 4231 m³/tonn (Chapagain et al. 2006). Det ligg litt over det globale gjennomsnittet på ca. 3644 m³/tonn. Ein kan og sjå på kvar vatnet kjem frå, om det kjem frå andre vassreservoar. Egypt og andre tørre regionar kjem dårleg ut av denne statistikken. Mens land som Kina, USA og Brasil kjem godt ut av denne statistikken. Bomulla i Kina bruker totalt 2018 m³/tonn, og 1258 m³ kjem frå regn. I Egypt kjem det 0 m³ frå regn, alt kjem frå irrigasjonssystem. Altså har det mykje å seie kvar bomulla kjem frå, for ferskvassforbruket.

Det er ikkje berre vatn som det blir brukt mykje av ved produksjonen av bomull. Dersom ein ser på Lifs Syklus Analyse (LSA) som er blitt gjort av bomull, er det kartlagd mange miljøavtrykk (Mathijs, 2015). Det har og vorte nytta fleire kjemikaliar for å hjelp på produksjonen. Ein av dei viktige momenta er kampen mot skadedyr i åkrane, spesielt Egyptisk bomullsorm (*Spodoptera littoralis*) er eit stort problem (Cunningham, J. et al., i.d.). Denne kampen har fleire konsekvensar.

Den første konsekvensen er for økosystemet i og rundt åkrane. Ein bruka sprøytemiddel som er retta spesielt mot dei aktuelle skadedyra i åkrane. Studiar viser at ein har mellom 60% og 75% effektivitet mot skadedyr (Cunningham et al., i.d.). Studiar viser og at dei sprøytemiddel som har vorte nytta har ei verkningsgrad på mellom 60% og 80% på andre artar som lev i nærleik til åkrane (ibid). Det inkluderer naturlege predatorar av skadedyr som for eksempel edderkoppar, men og pollinatorer som utfører viktige naturtenester.

Det er ikkje berre for insekt sprøytemiddel er farleg. Det utgjør og ein klar helseisiko for arbeidarane i åkrane. Det kjem fram av rapportar at forhalda som arbeidarane arbeider under er klart kritikkverdig (Farahat et al., 2010; Abbassy et al., 2014). Eit eksempel er

Piktogram



Varselord

Fare

Faresetninger

Giftig ved svelging.

H301

Meget giftig, med langtidsvirkning, for liv i vann.

H410

Sikkerhetssetninger

Vask hud grundig etter bruk.

P264

Ikke spis, drikk eller røyk ved bruk av produktet.

P270

Unngå utslipp til miljøet.

P273

VED SVELGING: Kontakt umiddelbart et

P301 + P310

GIFTINFORMASJONSSENTER/ en lege.

P391

Samle opp spill.

P405

Oppbevares innelåst.

Supplerende fareuttalelser ingen

Figur 24: Merkingselementer for Kloropyrifos (Sigma aldrich (b))

at dei som påfører sprøytemiddel

gjør det manuelt med ein sprøytesekk i åkeren. Dei har brukar sjeldan støvmaske, briller og mesteparten av deltakarane gjekk barfotte eller i sandalar (Farahat et al., 2010). I studien blei sprøytemiddelet «Pestban™» nytta, den har 48% Klorpyrifos som det aktive kjemikaliet som skal drepe skadedyra. Sikkerhetsdatablad for Klorpyrifos (Fig. 24) viser kor farleg stoffet er. Det er altså ikkje eit stoff ein bør handtere utan skikkeleg verneutstyr og kunnskap.

I studien til Farahat et al. (2010) målte dei nokre konkrete faktorar: luftprøver, målarar på huda til arbeidarane og urinprøver. Luftprøvene viser at ein har relativ låge konsentrasjonar som ligg låg på gjennomsnittleg $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Farahat et al. 2010). Hud-lappane viste derimot høge konsentrasjonar der den høgaste tala var på $422 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$. Urinprøva speglar og dei høge resultatane, der ein målte klorforbindelsar hjå arbeidarane til å vere $2,471 \mu\text{g}/\text{g}$ mot ei kontrollgruppe som ikkje har vert i åkeren til å vere $6,25 \mu\text{g}/\text{g}$. Det er ungdommar som ofte blir sett til dei verste jobbane, alderen til dei som påførte sprøytemiddel i denne undersøkinga var ca. 17 år. Mens ingeniørane og sjefane var rundt 50 år. I tillegg til sprøytemiddel har bomull same problem som anna landbruk med kunstgjødse og avrenningar av kjemikaliar frå åkrane til elver. Det kan påverke økosystem både rundt åkrane og nedstraums frå åkrane i elvane og til slutt og i havet.

Eg har prøvd å kome i kontakt med ein representant frå Egypt, for å høyre korleis forhalda er i dag. E-postar har vorte sende til personar i private selskap, offentlege etatar og ved universitet. Det er ingen som har svart eller det kjem respons om at e-postadressa ikkje er i bruk. Det er litt synd at eg ikkje har funne ein representant som er villig til å prate med meg, men det finst mange publikasjonar om kritikkverdige forhold (Farahat, F. M. et al. (2010), Abbassy, M. A. et al. (2014)). Når det er sagt så finst det lyspunkt og måtar å sikre seg eit

relativt godt produkt som ikkje er fullt så skadeleg eller vasskrevjande som det ser ut til at den egyptiske bomulla er. Meir om miljøsertifiseringar lengre nede.

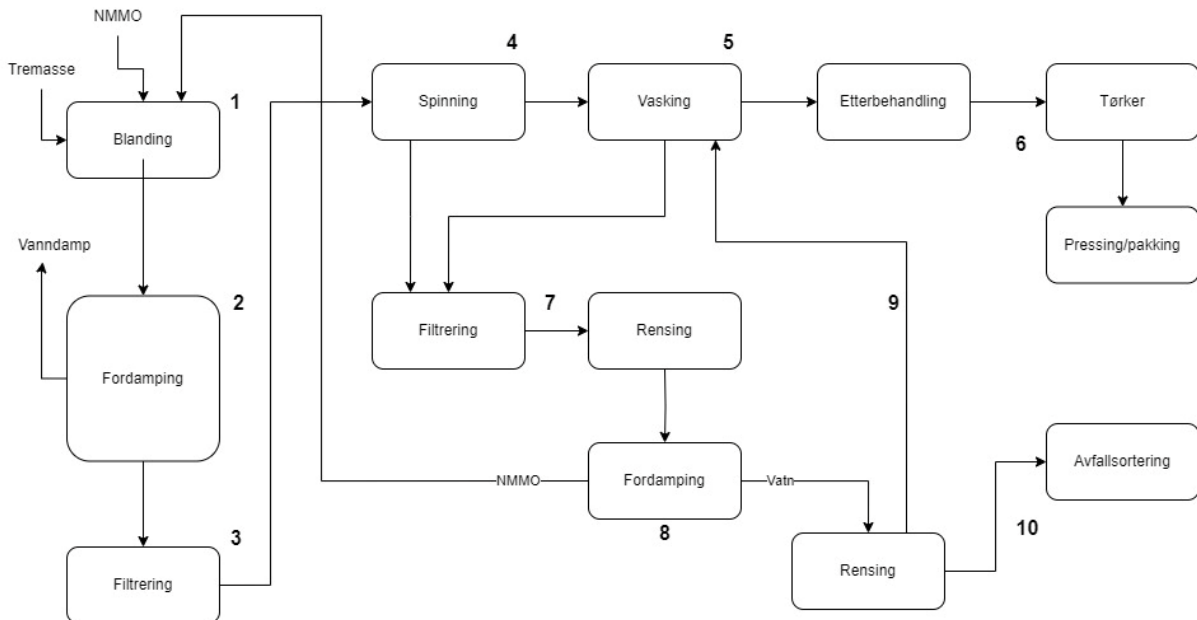
5.2.2 Fotavtrykk til trefiber

Trefibrane kjem ikkje overraskande frå skogsdrift. Verda har ca. 4 milliardar hektar skog, ca. 31% av totalt landareal (FAO, 2020). Russland, Brasil, Canada, USA og Kina er dei landa med mest skog, 54% av verdast totale skog og Brasil, Russland og Canada har og 61% av verdast primærskog, ca. 1,1 milliardar hektar. Sidan 1990 har verda mista totalt 178 millionar hektar, eit areal like stort som Libya, og Afrika og Sør Amerika er dei kontinenta som har mista mest skog (ibid). Material frå skogsdrift er derfor eit område ein må vere forsiktig med slik at ein har ein produsent som tek omsyn til skogen og utfordringa den har. Produsenten til trefibertråden i forsøket er eit selskap som heiter Lenzig. Seksjonen under er basert på korleis dei produserer fibrar.

Lenzig har ein grøn profil, og jobbar for å vere mest mogleg berekraftige. Meir enn 99% av tømmeret som dei brukar kjem frå skogar som er sertifisert etter standarane til Forest Stewardship Council (FSC) eller Program for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) (Lenzig, 2023 (d)). Primærskogar er skogar beståande av naturlege artar der det ikkje er noko klar menneskeleg påverknad, og dei økologiske prosessane ikkje er forstyrta (FAO 2020). Som eit av tiltaka for å ha eit berekraftig produkt har Lenzig sagt at dei støttar bevaring trua skogar og primærskogar, og skal derfor ikkje skal ha tremassar frå primærskogar, eller skogar der urbefolkning eller trua artar lev (Lenzig 2023 (d)).

Eit anna tiltak som Lenzig gjer for å vere ein grøn aktør er at dei har stort fokus på energieffektivitet (Lenzig, 2023 (c)). Etter dei har henta ut aktuelle komponentar frå tremassen, kan resten brukast som bioenergi. Fabrikkane er designa så energieffektive som mogleg, dette gjer at faktisk nokre av fabrikkane produserer meir energi enn fabrikkene bruker (ibid).

Lenzig gir utrykk for å vere berekraftige og transparente, og er opne om prosessen frå skog til ferdig trådfibrar. Dei publiserer data og mykje informasjon på nettsidene deira. Ein kan t.d. sjå steg for steg produksjonen og kva stoff som inngår i fibrane (Fig. 25).



Figur 25: Produksjonsprosessen av lyocell-fiber. Eiga teikning etter ide frå Lenzig (2023) (a)

Framgangsmåten ligg offentleg ute gjennom Lenzigs eigen publikasjon «Responsible production» (Lenzig, 2023 (a)). Her er kortversjonen: Produksjonen er eit lukka system, slik at ein har minst mogleg utslepp ut i naturen. Det startar i steg 1, her blir ferdig bleika tremassar blanda saman med 4-metylmorfolin-4-oksidi (NMMO). Vidare blir vatn dampa vekk og andre ureinhetar filtrert vekk. I steg 4 blir fibrane spunne til trådar og vaska. Deretter sendast dei til etterbehandling, tørking og pakking. Vatnet frå vaskinga og spinninga blir fjerna ved koking slik at ein kan nytte NMMO på nytt i steg 1. Dei brukar igjen 99.8% av kjemikaliet (Lenzig, 2023 (a)). NMMO er ikkje eit ufarleg stoff, og sikkerhetsdatabladet oppgitt at ein skal vere forsiktig med det (Fig. 26). Det mistenkast til dømes at det kan påverke forplantingsevna, men det er mykje betre stilt og har færre varslar enn sprøytemiddelet «Pestban™» brukt til bomulla (Fig. 24Figur).

2.2 Merkingselementer

Merking i henhold til Forordning (EF) nr 1272/2008
Piktogram



Varselord
Faresetninger
H361f
Sikkerhetssetninger
P201
P202
P280
P308 + P313
P405
P501
Supplerende fareuttalelser
ingen

Advarsel

Mistenkes for å kunne skade forplantningsevnen.

Innhent særskilt instruks for bruk.
Skal ikke håndteres før alle advarsler er lest og oppfattet.
Bruk vernehansker/ verneklær/ øyebeskyttelse/
ansiktsbeskyttelse.
Ved eksponering eller mistanke om eksponering: Søk legehjelp.
Oppbevares innelåst.
Innhold/ beholder leveres til godkjent avfallsanlegg.

2.3 Andre farer - ingen

Figur 26: Merkingselementer for NMMO(Sigma aldrich, ingen dato(a))

Med Lenzig som produsent vert det nytta få kjemikalier i produksjonen av fibrane i forsøka i denne oppgåve. Eit anna viktig poeng som Lenzig poengterer er tremassen dei produserer sjølv er «total chlorine free» (TCF), altså bleika utan nokon form for klor, men at dei må kjøpe inn tremasse frå den globale marknaden då dei ikkje produserer nok sjølv (Kjem fram frå samtalar med produsent). Denne tremassen er klassifisert til «elemental chlorine free» (ECF) der det ikkje brukt rein klor, men hyperkloritt til bleiking av trefibrane. Derfor kan Lenzig ikkje garantere for totalfri klor produkt. Når ein bleikar tremassen er det ikkje berre for estetiske grunnar, når ein bleikar tremassen blir den samtidig vaska. Dette er ein nødvendig prosess då tre inneheld cellulose og andre stoff som til dømes pseudocellulose. Kjem pseudocellulosen inn i sluttproduktet får ein svake punkt i produktet, og kvaliteten vert redusert. Etter samtalar med ein representant frå Lenzig, meiner han at det i dag ikkje er nokon Europeiske produsentar som bleikar med rein klor. Dei aller fleste bleikar cellulosen med ECF metoden. Nokre få brukar som Lenzig ikkje klor i det heile. I TFC bleiking kan ein nytte t.d. oksygen, ozon eller hydrogenperoksid (Ashori, 2007).

Det at lyocell er klassifisert som ECF, kan høyrast bra ut, men i praksis kan ein lese frå sikkerheitsblada til dei ulike kjemikalia at hyperkloritt (Figur Fig-27b) ikkje er veldig mykje betre enn vanleg klor (Figur Fig-27a).

2.2 Merkingselementer	a)	2.2 Merkingselementer	b)
Merking i henhold til Forordning (EF) nr 1272/2008		Merking i henhold til Forordning (EF) nr 1272/2008	
Piktogram		Piktogram	
Varselord	Fare	Varselord	Fare
Faresetninger		Faresetninger	
H270	Kan forårsake eller forsterke brann; oksiderende.	H272	Kan forsterke brann; oksiderende.
H280	Inneholder gass under trykk; kan eksplodere ved oppvarming.	H302	Farlig ved svelging.
H315	Irriterer huden.	H314	Gir alvorlige etseskader på hud og øyne.
H319	Gir alvorlig øyeirritasjon.	H400	Meget giftig for liv i vann.
H330	Dødelig ved innånding.	Sikkerhetssetninger	
H335	Kan forårsake irritasjon av luftveiene.	P210	Holdes vekk fra varme, varme overflater, gnister, åpen ild og andre antenningskilder. Røyking forbudt.
H410	Meget giftig, med langtidsvirkning, for liv i vann.	P260	Ikke innånd støv/ tåke.
Sikkerhetssetninger		P273	Unngå utslipp til miljøet.
P273	Unngå utslipp til miljøet.	P280	Bruk vernehansker/ verneklær/ øyeskyttelse/ ansiktsbeskyttelse.
P302 + P352	VED HUDKONTAKT: Vask med mye vann.	P303 + P361 + P353	VED HUDKONTAKT (eller håret): Tilsøte klær må fjernes straks. Skyll huden med vann.
P304 + P340 + P310	VED INNÅNDING: Flytt personen til frisk luft og sørg for at vedkommende har en stilling som letter åndedrettet. Kontakt umiddelbart et GIFTINFORMASJONSSENTER/ en lege.	P305 + P351 + P338	VED KONTAKT MED ØYNE: Skyll forsiktig med vann i flere minutter. Fjern eventuelle kontaktlinser dersom dette enkelt lar seg gjøre. Fortsett skyllingen.
P305 + P351 + P338	VED KONTAKT MED ØYNE: Skyll forsiktig med vann i flere minutter. Fjern eventuelle kontaktlinser dersom dette enkelt lar seg gjøre. Fortsett skyllingen.		
P403 + P233	Oppbevares på et godt ventilert sted. Hold beholderen tett lukket.	Supplerende fareinformasjon (EU)	
P410 + P403	Beskyttes mot sollys. Oppbevares på et godt ventilert sted.	EUH031	Ved kontakt med syrer utvikles giftig gass.

Figur 27: Merkingselementer for a) Klor og b) hyperkloritt (Sigma aldrich, ingen dato (c) og (Sigma aldrich, ingen dato (d))

Det er ikkje berre sikkerheitsblada som peikar i den retninga. Eg tok kontakt med toksikologi-avdelinga ved universitetet i Bergen, og stilte dei to spørsmål.
1: Er hyperkloritt og elemental chlorine free betre enn å bruke klor?

2: Er Elemental chlorine free merket grønvasking?

Svaret på dette var: «Hyperkloritt er ikkje ufarleg og kan danne kloroform i naturen. Det er nok tryggare enn rein klor, men det kan minne om grønvasking».

Kloroform er ikkje eit ufarleg stoff. Tidlegare har ein nytta det innan medisin som anestesi, men det er ein slutta med. Forbindelsen kan påføre giftige effektar på organismar (Emmanuel, E. et al. (2004)).

5.2.3 Miljøsertifiseringar

Ein gjennomgang av miljøsertifiseringar er ein god måte å vurdere kor berekraftige eit material er. Det er mange sertifiseringar i dei fleste bransjar, også innan tekstil. Ulike sertifiseringar stiller ulike krav til kvalifikasjonar. Gjennom å velje produkt som er oppnådd gitte sertifiseringar, kan ein gjere ein forskjell for miljøet og gjer at fleire produsentar vil bli sertifisert med krava det medfører. Kva sertifisering ein bør sjå etter varierer etter behov og bruk av materialet og må derfor vurderast i det aktuelle tilfellet.

Det er mange sertifiseringar for bomull på marknaden (cotton up, ingen dato), nokre er geografiske som t.d. «Cotton made in Africa» (CmiA) eller «Best Management Practices» (myBMP) for australsk bomull. Desse jobbar for berekraftig tiltak retta mot dei spesielle utfordringane til regionen. Nokre av CmiA sine mål er t.d. å jobbe for å forbetre leveforhalda til småskala dyrkarar i Afrika og å stoppe barnarbeid. MyBMP obbar mot andre mål som å utvikle sjølvvurdering-mekanismar, energieffektivitet i produksjonen, «jord-helse» og trygg bruk av sprøytemiddel. I tillegg til desse, har ein og store globale sertifiseringsordningar. Fairtrade er eit døme på dette som dei fleste har høyrte om. Fairtrade sitt hovudfokus er å sikre dei mindre aktørane, med tanke på rettferdige lønningar, og sikring mot ekstreme marknadssvingingar (Cotton up, ingen dato). Fairtrade jobbar og for berekraftig landbruk, med fokus på resurs og kjemikaliebruk. 75% av bomull som er merka Fairtrade er også merka økologisk. Det er mange ulike økologiske merker. Desse er regionsbestemt, med mange ulike aktørar både nasjonalt og internasjonalt. Felles for desse er økologiske dyrkingsidear og eit framtidsretta og berekraftig fokus. I Europa har vi fleire aktørar, der den største er EU. EU har strenge reglar og krav som medlemslanda må følgje i produksjon og merking av produkt.

EU har diverse miljøsertifiseringar, og ikkje berre innan for økologisk naturbruk. Dei har til dømes «EU-ecolabel», som omfattar ei rekkje produkt vi som forbrukarar brukar til dagleg. Kriteriet er å minimere miljøkonsekvensane gjennom heile livssyklusen til eit gitt produkt (European commission, ingen dato). I korte trekk må ein vere i toppsjiktet for berekraftig praksis for sitt produkt for å oppnå sertifiseringa. Etter kvart som det dukkar opp nye og meir berekraftige måtar å produsere produktet på, oppdaterast standaren og produsentar lyt derfor ha fokus på adoptering i tråd med nyvinningar. EU har ein eigen tekstil-kategori som lyocell-fiberen kan skilte med å ha oppnådd (Lenzig 2023 (d)). For å oppnå "EU-ecolabel» må ein oppfylle strenge kriterium rundt blant anna vassforbruk, karbonutslepp, kjemikaliehandtering og kva kjemikalie som nyttast i produksjonen (European commission, ingen dato).

I teksten for tekstil står det at for å bli sertifisert må produktet vere utan klor-forbindelsar, men det står at «man-made cellulose fibers» ikkje trengjer å følgje dette kravet (European commission 2020). Dette betyr at t.d. tremasse som er bleika med klorforbindelsar likevel kan oppnå sertifisering. Ettersom det i dag finst måtar å produsere det same produktet heilt utan klor, kan ein spørje seg kvifor dette unntaket er lagt inn? Eu-ecolabels kontakt i Norge arbeider i Svanemerket, og bekreftar at å bruke rein klorgass til bleiking er forbode i Europa, men at det kan førekome utfor Europa. Ho påpeikar at skal ein få Svanemerket, så kan ein ikkje bruke klor-forbindelsar, og at det ikkje er unntak frå den regelen. I tillegg seier Svanemerkets representant at retningslinjene til EU er gamle og skal oppdaterast. Det betyr at sjølv om cellulose frå trefiber i dag er rekna som eit «grønt» produkt som har denne miljøsertifisering, er det ikkje sikkert at dei får behalde sertifiseringa, utan å kunne garantere eit totalt klorfritt produkt i framtida.

6. Konklusjon

Bør Lerøy byte frå plasttråd til tråd av anna materiale i sin produksjon av tare?

Det vil vere positivt å byte vekk plastbasert tråd til fordel for organisk tråd, mellom anna for å unngå mikroplast ut i økosystemet. Frå funn undervegs i denne studien, har det vist seg at alle trådane som er undersøkt held ut lenge nok i sjøen utan å bli brotne ned for raskt. Ettersom det ser ut til å vere klar forskjell på veksten til tare på trefiber og bomull. Basert på dette bør ein velje bomullstråd som dyrkingstråd. For å sikre best mogleg økonomi for næringa er det naudsynt med ein tråd som bidreg til at taren veks godt.

Mi anbefaling er å nytte ein bomullstråd med diameter på ca. 2 millimeter. Frå testane i laboratoriet hadde ikkje denne tråden den beste veksten, men frå turen ut i Februar var veksten på høgde med dei andre bomullsalternativa. Når ein vel den tynne bomullstråden vil ein klare å få fleire meter tråd per spole i den delen av produksjonen som går på land. Dette vil vere med på å auke produksjonen utan å trenge større areal. Med ein 2 millimeter bomullstråd får ein eit produkt som ikkje slepp ut mikroplast i miljøet, samtidig som ein har god vekst (Tabell 3). Basert på forsøka utført her ser det og ut til at denne typen tråd vil vere passeleg lenge i sjøen (Tabell 5). resultata frå vekst og brotstyrkeforsøka, står litt på andre sida i forhold til berekraftsanalysen. Frå berekraftsanalyse så kjem det fram at å nytte egyptisk bomull, som nytta i forsøket, brukar store mengder ferskvatn, kjemikalier og arbeidsforhold for arbeidarar kan vere dårlege på enkelte plantasar. (Chapagain et al. (2006)., Cunningham et al., i.d.). Trefibrane frå Lenzig er på den andre sida er energi- og kjemikalie-effektive (Lenzig 2023 (b)). Riktig nok er det stilt spørsmål kring grønvasking og ECF merking av trefibrane, men dersom EU-ecolabels oppdaterer sine retningslinjer i tråd med det talspersonen uttaler, vil nok næringa pressast til å erstatte noverande produksjonsprosess med eit klorfritt alternativ for å halde på sertifiseringa. Ettersom veksten ser ut til å vere nokså dårleg på trefibertrådar vil truleg dette alternativet ikkje bli ein hovudtråd for Ocean Forest, uavhengig av sertifisering eller ikkje sertifisering av trådane.

Basert på resultata frå både dei kvantitative analysane og den kvalitative berekraftsanalysen, burde Ocean Forest ta i bruk bomullstråd med diameter ca. 2 mm i sin produksjon av tare. For å sikre dei økonomiske og sosiale aspekta ved berekraft i tillegg til miljømessige faktorar, er det viktig at ein vel produkt med bomull frå Fairtrade og økologisk miljøsertifiserte bedrifter. Det er viktig å ha med seg alle aspekta ved berekraft i arbeidet med å sikre vår felles framtid.

7. Vidare forskning

I laboratoriet

Etter fyste gong eg var ute å tok bilete, oppdaga eg at gjenskin i linsa førte til støy på bileta og skapte utfordring for programvara som kartlegg resultatet. Støyen i bileta medførte at programmet ikkje klarte å skilje på skuggar og gametofyttar. Ved seinare liknande prosjekt bør ein ta bilete i eit mørkt rom for å hindre dette.

Det viste seg under forsøket at gametofytt-kulturen hadde noko grønalgar i seg. Dersom forsøk skal gjenskapast, bør ein sikre rein gametofytt-blanding. Dette motverkar konkurranse om næringsstoff, og resulterer truleg i større sporofyttar før utsett i sjø.

Forbetre brotstyrkeforsøk

Vidare forskning bør gjennomføre eit nytt brotstyrkeforsøk, for å få sikre data gjennom heile prosessen. Her bør ein ha anna oppsett, med ein konstruksjon som ikkje blir øydelagd slik som testtriggen nytta i dette forsøket. Utfordringa med denne testtriggen var at den vart montert på ein måte som medførte at sjøen fekk «arbeide» med den. Eit forbettringsforslag er å montere den fast i eit brygge, eller på anna måte sikre at den ikkje bevegar seg i bølger, dønningar og straumar.

Opphenget av trådar bør og endrast på. I dette forsøket var trådane knytt, noko som har medført svake punkt i kvar knute. Endring av dette t.d. til å lime fast trådar, kan kanskje hindre dette. Ettersom trådane i dette forsøket sleit mellom to feltundersøkingar, er det ikkje kartlagt kva av trådane som rauk fyst. Eit interessant vidarearbeid er å undersøke B3, B4 og B5 på nytt. B3 for å ha ei eksakt tidsramme for denne. B4 og B5 for å sjå om ein av desse kan varer heilt til hausting. Dette vil eventuelt kunne gi eit tal på maks diameter tråd ein kan ha for å sikre balanse mellom styrke og levetid i sjø.

Kvifor vaks ikkje taren godt på trefibertrådane?

Trefibertrådane kom dårlegast ut på vekst både i laboratoriet og i sjøen. Ein av hypotesane som blei presentert var at tråden inneheld stoff taren ikkje liker å vekse på. For å finne ut dette kan ein gjenta forsøket med ein vaska tråd, for å sjå om taren då vekst betre. Dersom det ikkje gir utslag å vaske tråden, kan det vere overflatestrukturen til trefiberen som hemmar veksten?

Dersom det å vaske tråden betrar vekst, kan det tenkast at det som vert vaska av kan nyttast i andre tilfelle der ein vil hindre vekst av tare eller andre organismar. Dette er og eit interessant tema for vidare arbeid.

Effektar av kombinert trådmateriale og struktur

Ein kan og tenke seg å teste ein kombinasjonstråd. For å auke haldbarheita men minske dimensjonane. Dei tre variantar eg ser for meg størst potensiale ved etter å ha gjennomført dette studiet er:

1. Ein kombinasjonstråd der trefibertrådar er fletta saman med bomull.
2. Ein tråd der ein har ei kjerne av trefiber og bomullstrådar rundt.
3. Ein rein bomullstråd, og med kjerne av bomull.

Når HI gjor sitt første forsøk med rotningstråd, var ikkje trådane strekt opp men blei tulla inn i kvarandre. Dette medførte at ein ikkje fekk gjennomstrøyming av vatn og dei inste trådane haldt mykje lengre enn dei yste. Dersom ein får same effekt som HI fekk når dei testa trådar, og klarer å skjerme kjernetråden, vil ein kanskje kunne auke levetida til tråden. Dette kan potensielt resultere i at ein kan ha mindre tråddimensjonar . Det ville vere interessant å teste ein så tynn tråd som mogleg, til dømes ein struktur med 1X8 eller 2X4 trådar fletta saman med ein kjernetråd (alt etter kva som gir minst gjennomstrøyming, og derfor beskyttar kjernetråden mest). Dersom ein kan minimere diameter ved hjelp av denne metoden, aukar ein meter tråd på kvar spole, og dermed og produksjonen. I mitt forsøk klarte ikkje leverandør, på grunn av maskinproblem, å levere både fletta og strikka tråd. Eit neste forsøk kan derfor vere å samanlikne desse to alternativa med tanke på haldbarheit og vekst.

Life Syklus Analyse og material

Ein bør prøve med andre leverandørar for å sjå om dei har fleire potensielle material som kan nyttast i produksjonen. Vidare bør ein gjennomføre ei full LSA analyse med kilo CO₂ per meter tråd som eining. Dette vil bidra til å få talfesta kor mykje utslepp og ressursar dei ulike materiala produserer. Ein kan gjennom dette sette eit tal på kor grøne dei er, og få svar på om produksjonen tek opp meir CO₂ enn den produserer.

Referansar:

Aakre, I. *et al.* (2021) 'Commercially available kelp and seaweed products – valuable iodine source or risk of excess intake?', *Food & Nutrition Research*, 65. doi: 10.29219/FNR.V65.7584.

Abbassy, M. A. *et al.* (2014) 'Adverse biochemical effects of various pesticides on sprayers of cotton fields in El-Behira Governorate, Egypt', *Biomedicine & Aging Pathology*, 4(3), pp. 251–256. doi: 10.1016/J.BIOMAG.2014.04.004.

Ashori, A., Raverty, W. D. and Harun, J. (2007) 'Effect of Totally Chlorine Free and Elemental Chlorine Free Sequences on Whole Stem Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) Pulp Characteristics', <http://dx.doi.org/10.1080/03602550500373824>

Bak, U.G. Mols-Mortensen, A. Gregersen, O.(2018) *Production method and cost of commercial-scale offshore cultivation of kelp in the Faroe Islands using multiple partial harvesting*, ISSN 2211-9264, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.05.001>.

Benjaminsen, C. (2022 01. september) Denne platen er laget av tare <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/denne-platen-er-laget-av-tare/> (Henta 20.02.2023)

Campbell, B. M. *et al.* (2017) 'Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries', *Ecology and Society*, 22(4). doi: 10.5751/ES-09595-220408.

Chapagain, A. K. *et al.* (2006) 'The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries', *Ecological Economics*, 60(1), pp. 186–203. doi: 10.1016/J.ECOLECON.2005.11.027.

Cotton up (ingen dato) henta 03.04.23 frå: <https://cottonupguide.org/sourcing-options/cotton-sustainability-standards-and-other-programmes/#1521007703755-b02a2f70-8a93>

Cunningham, J. *et al.* (Ingen dato) *ECOLOGICAL AND SOCIAL COSTS OF COTTON FARMING IN EGYPT* The university of British Columbia henta 31.03.2023 frå: <https://cases.open.ubc.ca/w17t2cons200-29/>

Diserud, O. H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K. A. & Skaala Ø. (2019). Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2019. NINA Rapport 1659. Norsk institutt for naturforskning.

Dybdal, S. E. (2019, 16 mai) Tang, tare og rekeskall er gull verdt for hagen din <https://forskning.no/landbruk-nibio-partner/tang-tare-og-rekeskall-er-gull-verdt-for-hagen-din/1335859>

Emmanuel, E. et al. (2004) 'Toxicological effects of disinfections using sodium hypochlorite on aquatic organisms and its contribution to AOX formation in hospital wastewater', *Environment International*, 30(7), pp. 891–900. doi: 10.1016/J.ENVINT.2004.02.004.

European commission (01.12.2020) *COMMISSION DECISION of 5 June 2014 establishing the ecological criteria for the award of the EU Ecolabel for textile products* Henta den 23.03.2023 frå <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02014D0350-20201201>

European commission (i.d.) Product groups and criteria henta 23.03.2023 frå https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/eu-ecolabel-home/product-groups-and-criteria_en

FAO (2020) *Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8753en> (<https://www.fao.org/3/ca8753en/ca8753en.pdf>)

FAO (2021) "Global seaweeds and microalgae production, 1950–2019" WAPI factsheet to facilitate evidence-based policymaking and sector management in aquaculture (<https://www.fao.org/3/cb4579en/cb4579en.pdf>).

Farahat, F. M. et al. (2010) 'Chlorpyrifos exposures in Egyptian cotton field workers', *NeuroToxicology*, 31(3), pp. 297–304. doi: 10.1016/J.NEURO.2010.02.005.

Fiskeridirektoratet (2022, 25. mai). Økt salg av oppdrettsfisk i 2021 <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2022/okt-salg-av-oppdrettsfisk-i-2021>
(Henta: 20.02.2023)

FNs verdenskommisjon for miljø og utvikling. (1987). *Vår felles framtid*. Oslo: Tiden Norsk Forlag

Harstad, O. M., Vangen, O. (2021, 15 februar) Kraftfôr <https://snl.no/kraftf%C3%B4r> (Henta 20.02.2023)

IMAGE COLOR SUMMARIZER (ingen dato) henta 03.05 frå: <http://mkweb.bcgsc.ca/color-summarizer/?analyze>

Jones, K. L. *et al.* (2020) 'Microplastic accumulation in a *Zostera marina* L. bed at Deerness Sound, Orkney, Scotland', *Marine Pollution Bulletin*, 152, p. 110883. doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2020.110883.

Jørgensen, T., Sistiaga M. (30. oktober 2019) *Forsøk med råtnetråd i leppefiskredskap* (Havforskningsinstituttet Notat)

Khan, M. A. *et al.* (2020) 'World cotton production and consumption: An overview', *Cotton Production and Uses: Agronomy, Crop Protection, and Postharvest Technologies*, pp. 1–7. doi: 10.1007/978-981-15-1472-2_1/FIGURES/3.

Klaust, G. (19882) «*Netting materials for fishing gear*» (2. Utg.) Fishing News Books Ltd.

Lenzig (a) (2023) *focus paper, Responsible production* henta 31.03.23 frå: https://www.lenzing.com/?type=88245&tx_filedownloads_file%5bfileName%5d=fileadmin/content/PDF/04_Nachhaltigkeit/Broschueren/EN/focus-paper-responsible-production-EN.pdf

Lenzig (b) (2023) *focus paper, Wood and pulp* henta 03.0.23 frå: https://www.lenzing.com/?type=88245&tx_filedownloads_file%5bfileName%5d=fileadmin/content/PDF/04_Nachhaltigkeit/Broschueren/EN/focus-paper-wood-pulp-EN.pdf

Lenzig (c) (ingen dato) *Bioenergy from wood and energy efficiency* henta: 03.04.23 frå: <https://www.lenzing.com/sustainability/production/resources/energy>

Lenzig (d) (Ingen dato) *External recognition* henta: 03.04.23 frå: <https://www.lenzing.com/sustainability/external-recognition>

Lien, T. (2023) *GRISSETANG, SAUETANG, BLÆRETANG* Tilgjengeleg frå: <https://nordligefolk.no/tang-og-tare/grisetang-sauetang-blaeretang/> (Henta: 02.02.23)

Life cycle of kelp (e.g., Saccharina latissima). During meiosis,... | Download Scientific Diagram (no date). Available at: <https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-kelp-eg->

Saccharina-latissima-During-meiosis-zoospores-n-are-formed_fig1_335477535 (Henta: 11 April 2023).

Måren, I.E. & Nilsen, L.S. (2008). Kystlyngheier i Midt- og Nord-Norge. NORGES BOTANISKE ANNALER Blyttia 66: 9-25 ÅRGANG 66 ISSN 0006-5269.

Matprat (1. juli 2022) Krydre sommeren med tang og tare <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/krydre-sommeren-med-tang-og-tare?publisherId=17847931&releaseId=17936435>

MSC (Marine Stewardship Council) (ingen dato) Fire punkter verdt å merke seg om tilstanden i verdens fiskerier <https://www.msc.org/no/presse/nyheter/fire-punkter-verdt-%C3%A5-merke-seg-om-tilstanden-i-verdens-fiskerier>

Norderhaug, K. M., Skjermo, J., Kolstad, K., Broch, O. J., Ergon, Å., Handå, A., Horn, S. J. Lock E. Øverland, M., (2020) Mot en ny havnæring for tare? Henta 20.02.23 <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/fisken-og-havet-2020-5#sec-3>

Otterholt, E. (2022, 02 oktober) agar <https://sml.snl.no/agar> (Henta 20.02.2023)

Peteiro, C.; Sánchez, N.; Martínez, B. Mariculture of the Asian kelp *Undaria pinnatifida* and the native kelp *Saccharina latissima* along the Atlantic coast of Southern Europe: An overview. *Algal Res.* 2016, 15, 9–23.

Øverland, M., Mydland, L.T., Skrede, A. (2018, 17 august). Havets regnskog er et glemt fôrkammer <https://forskning.no/forskeren-forteller-hav-og-fiske-havforskning/havets-regnskog-er-et-glemt-frkammer/1220146> (Henta: 20.02.2023)

Røflo, Knut (2016) *Hva er kraftfôr? Hvorfor bruker vi det?* Felleskjøpet Fôrutvikling AS (PDF frå Kraftfôrmøtet 2016)

Scott, E. (2022, 29. August) Visste du at vi kan takke tang og tare for den perfekte softisen? <https://www.forskningsdagene.no/nyheter/visste-du-at-vi-kan-takke-tang-og-tare-for-den-perfekte-softisen/>

Sigma aldrich (a) (ingen dato) *SIKKERHETSDATABLAD for 4-Methylmorpholine N-oxide solution* henta 03.05.23 frå: <https://www.sigmaaldrich.com/NO/no/sds/sial/45395>

Sigma aldrich (b) (ingen dato) *SIKKERHETSDATABLAD for Klorpyrifos* henta 03.05.23 frå: <https://www.sigmaaldrich.com/NO/no/sds/aldrich/258822>

Sigma aldrich (c) (ingen dato) *SIKKERHETSDATABLAD for Hyperkloritt* <https://www.sigmaaldrich.com/NO/no/sds/sigald/211389>

Sigma aldrich (d) (ingen dato) *SIKKERHETSDATABLAD for Klor* <https://www.sigmaaldrich.com/NO/no/sds/sial/22752>

Sjø saker (ingen dato) henta 03.05 frå: <https://teksloseaweed.no/>

Skjerme, J., Broch O.J. Endresen, P.C. Forbord, S. Lona, E. (2020-11-10). *Utgreiing av vekst hos dyrkede makroalger på en eksponert og en skjermet lokalitet i Møre og Romsdal* (978-82-14-06496-4, Rapportnr. 2020:01053). SINTEF Ocean AS.

Thronsdén, J. Skarstad E.E. (2022): alger i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 3. mai 2023 fra <https://snl.no/alger>

Ursin, L (2022 22. januar) Ekspertintervjuet: Kan tare bremse oppvarmingen? <https://energiogklima.no/to-grader/aktuelt/ekspertintervjuet-nytter-det-a-dyrke-tare-for-a-fange-karbon/> (Henta 20.02.2023)

Velle, L. G., Thorvalsen, P. (2022) *Skjøtselsplan for kystlynghei på Nordstøya, Harstad kommune i Sør-Troms*. (Side. 47) ISSN: 2464-1162

Vijn, S., Compart D.P., Dutta N., Foukis A., Hess M., Hristov A. N., Kalscheur K. F., Kebreab E., S. V., Price N. N., Sun Y., Tricarico J. M., Turzillo A., Weisbjerg M. R., Yarish C., Kurt T. D. (2020) *Key Considerations for the Use of Seaweed to Reduce Enteric Methane Emissions From Cattle* JOURNAL=Frontiers in Veterinary Science, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2020.597430>, DOI=10.3389/fvets.2020.597430, ISSN=2297-1769

Xu, S. *et al.* (2020) 'Microplastics in aquatic environments: Occurrence, accumulation, and biological effects', *Science of The Total Environment*, 703, p. 134699. doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2019.134699.

Mathijs, E. Achten, W. (2015) *Comparative Life Cycle Assessment of hemp and cotton fibres used in Chinese textile manufacturing* henta 03.05 frå

[https://www.scriptiebank.be/sites/default/files/webform/scriptie/VanEyndeHannes_KUL_Ei
ndwerk.pdf](https://www.scriptiebank.be/sites/default/files/webform/scriptie/VanEyndeHannes_KUL_Ei
ndwerk.pdf)

Vedlegg

1) Dekningsgrad og sporofytt-teljing bilete

Lenkje til [Dekningsgrad bilete](#)

2) Tabell dekningsgrad utvikling i prosent

TypeTrådar (Prøvenr med/utan-T)	1 veke	2 veker	3 veker	4 veker	5 veker	6 veker
B3 (1)	0,0 %	12,0 %	25,5 %	29,0 %	45,0 %	59,5 %
B3 (1T)	0,0 %	12,5 %	19,5 %	25,0 %	32,0 %	31,5 %
B3 (2)	0,0 %	12,5 %	25,0 %	32,0 %	38,5 %	51,0 %
B3 (2T)	0,0 %	9,0 %	18,0 %	25,5 %	29,5 %	28,5 %
B3 (3)	0,0 %	4,0 %	15,0 %	22,0 %	25,0 %	25,5 %
B3 (3T)	0,0 %	20,5 %	23,5 %	34,5 %	54,0 %	53,0 %
B4 (1)	10,0 %	31,5 %	36,5 %	36,5 %	48,0 %	59,5 %
B4 (1T)	6,8 %	12,5 %	25,0 %	41,0 %	48,0 %	47,5 %
B4 (2)	7,0 %	12,5 %	29,0 %	39,0 %	49,5 %	47,0 %
B4 (2T)	9,0 %	18,5 %	34,0 %	38,0 %	55,0 %	56,0 %
B4 (3)	13,0 %	26,5 %	37,0 %	39,0 %	56,0 %	58,5 %
B4 (3T)	0,0 %	21,0 %	28,0 %	32,0 %	52,5 %	49,5 %
B5 (1)	9,0 %	18,5 %	25,5 %	31,5 %	39,0 %	49,5 %
B5 (1T)	12,0 %	30,0 %	38,0 %	48,5 %	63,0 %	61,6 %
B5 (2)	7,5 %	20,0 %	29,0 %	34,5 %	54,0 %	52,0 %
B5 (2T)	8,0 %	23,0 %	29,0 %	36,5 %	52,0 %	58,0 %
B5 (3)	7,0 %	10,0 %	24,0 %	30,5 %	48,5 %	48,5 %
B5 (3T)	0,0 %	21,0 %	28,0 %	36,5 %	51,0 %	59,5 %
T2X10 (1)	5,0 %	11,0 %	19,5 %	28,5 %	38,5 %	51,5 %
T2X10 (1T)	5,0 %	13,0 %	20,5 %	24,5 %	43,0 %	42,5 %
T2X10 (2)	0,0 %	16,0 %	23,0 %	27,0 %	34,5 %	51,0 %
T2X10 (2T)	2,0 %	5,0 %	17,5 %	24,5 %	42,0 %	42,0 %
T2X10 (3)	6,0 %	12,0 %	21,0 %	29,0 %	41,5 %	52,5 %
T2X10 (3T)	11,5 %	19,0 %	25,0 %	36,5 %	40,0 %	50,5 %
T2 (1)	6,0 %	11,5 %	25,5 %	32,5 %	52,0 %	51,5 %
T2 (1T)	2,0 %	7,5 %	8,5 %	16,5 %	23,0 %	29,5 %
T2 (2)	6,0 %	11,0 %	18,0 %	24,0 %	36,0 %	46,0 %
T2 (2T)	11,0 %	23,5 %	25,5 %	40,6 %	41,5 %	45,0 %
T2 (3)	3,0 %	8,0 %	12,5 %	19,0 %	21,5 %	21,5 %
T2 (3T)	10,0 %	20,0 %	26,0 %	40,0 %	54,5 %	54,5 %
T3 (1)	2,0 %	8,0 %	15,5 %	20,0 %	27,0 %	27,0 %
T3 (1T)	7,0 %	17,0 %	23,0 %	27,5 %	36,5 %	47,0 %
T3 (2)	3,0 %	11,5 %	15,0 %	19,5 %	23,0 %	23,5 %
T3 (2T)	12,0 %	27,0 %	27,5 %	39,0 %	50,5 %	50,5 %
T3 (3)	2,0 %	12,5 %	15,0 %	17,0 %	22,0 %	22,0 %
T3 (3T)	5,0 %	11,0 %	27,5 %	44,5 %	55,0 %	54,5 %
T4 (1)	5,0 %	10,0 %	12,0 %	16,5 %	22,0 %	22,5 %
T4 (1T)	10,0 %	26,0 %	40,5 %	43,5 %	60,0 %	58,5 %
T4 (2)	6,0 %	12,5 %	18,0 %	21,5 %	22,5 %	22,5 %
T4 (2T)	10,0 %	9,5 %	17,0 %	19,5 %	26,0 %	26,0 %
T4 (3)	5,0 %	14,0 %	14,0 %	16,5 %	22,5 %	22,5 %
T4 (3T)	5,0 %	15,5 %	11,5 %	19,0 %	21,5 %	22,0 %

3) Tabell sporofytt-teljing gjennomsnittleg for dei ulike trådane

Snitt ulike tau	1 veke	2 veker	3 veker	4 veker	5 veker	6 veker
B3	-	-	4,50	6,33	19,83	21,67
B4	-	-	7,00	9,50	30,83	27,17
B5	-	-	4,00	7,17	19,50	18,83
T2X10	-	-	2,33	7,33	14,83	14,00
T2	-	-	2,83	6,33	19,50	19,17
T3	-	-	2,50	5,83	12,17	11,83
T4	-	-	1,83	4,33	6,50	6,50

4) Tabell sporofytt-teljing bomull og trefiber

Snitt ulike tau	1 veke	2 veker	3 veker	4 veker	5 veker	6 veker
Bomull	-	-	5,17	7,67	23,39	22,56
Trefiber	-	-	2,38	5,96	13,25	12,88

5) Brotstyrkeverdiane til dei ulike trådane gjennom forsøket

Start										
Prøve nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B3	162	156	164	155	152	161	153	155		
B4	311	302	273	312	293	310	303	331	312	296
B5	301	301	317	298	312	272	298	303	286	251
T2X10	366	380	367	351	350	372				
T2	310	307	311	306	362	386	388			
T3	544	529	496	543	573	549	498	557	513	
T4	708	761	713	750	762	756	774	774	731	762

November										
Prøve nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B3	58	59	62	59	56	50	49			
B4	127	166	158	157	144	178	134	125		
B5	182	156	155	188	155	167	174	192	166	
T2X10	176	188	126	213	126	186	189			
T2	112	127	127	120	127	111	128	115		
T3	213	183	176	184	184	203	191	183	167	203
T4	225	233	221	221	221	210	229	218	203	213

Deember										
Prøve nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B3	0									
B4	33	5	14	8	33	8	21	38	49	
B5	21	72	8	44	65	50	48	35	44	
T2X10	116	52	111	117	117	97	88			
T2	35	58	53	49	49	47	42	40		
T3	72	47	51	92	92	99	81	100	81	77
T4	67	75	69	79	79	81	85	75	96	77

Januar										
Prøve nr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B3	0									
B4	0									
B5	9	6	31	11	7					
T2X10	30	39	18	30	33	40	40			
T2	0									
T3	16	6	14	19	5	10	11			
T4	15	13	15	13	23	9	15			