

## Effekten av ulike typer lys på planters vekst

Forfattere: Jesper Lyngner og August Berge Andersen, Ullern videregående skole, Oslo

### Ingress

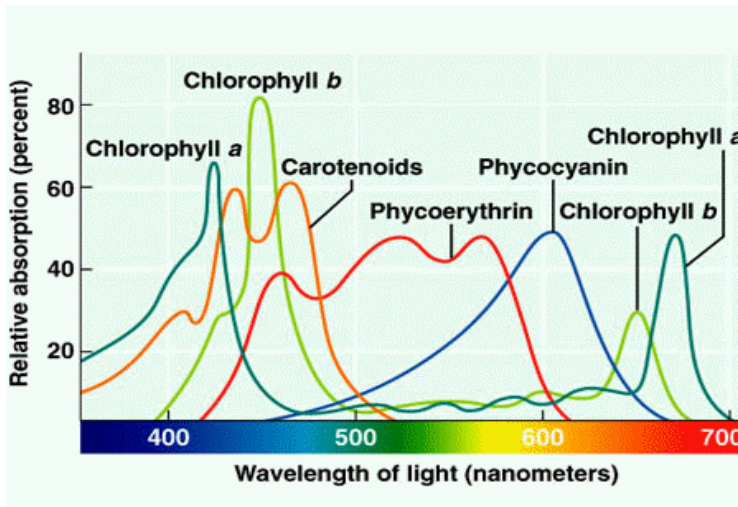
Det er lenge blitt debattert hvilken type lys man skal velge for innendørs vekst av planter. Tidligere forskning har gitt ulike svar. Noe forskning sier at rødt lys er det viktigste for planters vekst, mens andre mener det er blått. I dette forskningsprosjektet ble det undersøkt hvorvidt fargetemperatur og farge hadde noe å si for veksten. Meteorterter ble sådd under seks ulike lysforhold. Høyden på spirene ble målt fortløpende. Etter 21 dager ble plantene veid. Plantene under lampen med fargetemperaturen på 3000 K viste høyeste resultater i begge målingene. Resultatene viste signifikante forskjeller på vekten mellom plantene under rødt og grønt lys sammenlignet med plantene under 3000 K, mens ingen av høydemålingene viste signifikante forskjeller. Konklusjonen ble derfor at det trolig er forskjell, men forsøket inneholdt for få planter under hvert lysforhold til å kunne bekrefte dette.

### Innledning

Under fotosyntesen blir solens energi omdannet til kjemisk energi av fotoautotrofe organismer. Det er derimot ikke slik at alle de forskjellige bølgelengdene i sollyset blir brukt i like stor grad i denne prosessen. Fotoautotrofe organismer inneholder lysabsorberende molekyler, kalt pigmenter. Disse pigmentene absorberer bare spesifikke bølgelengder av synlig lys og reflekterer de andre. Sammensetningen av bølgelengder som blir absorbert av et pigment, kalles absorpsjonsspekter (Khan Academy, u.d.). Klorofyll er et pigment som eksisterer i alle planter som utfører fotosyntesen. Klorofyll deles opp i klorofyll a (blå-grønt) og klorofyll b (gul-grønn). Klorofyll a absorberer lys på bølgelengder på 400-450 nm og 650-700 nm, mens klorofyll b absorberer lys på bølgelengder på 450-500 nm og 600-650 nm (Wikipedia, 2021).

Pigmentet klorofyll befinner seg i den delen av spekteret hvor den viktigste strålingsenergien planter benytter seg av ligger. Dette området med bølgelengder kalles fotosyntetisk aktiv stråling, og det befinner seg på bølgelengdene 400-700 nm. For høye eller for lave bølgelengder kan hemme fotosyntesen. Det har vist seg at stråling fra den røde (640-680 nm) og langbølgete røde (700-800 nm) delen av spekteret er mest effektiv for plantenes vekst (Moucharef, Kolbjørnsen, & Uysal, 2019). Det har blitt vist at planter under lys av disse delene av spekteret, bruker energien til å strekke seg oppover, slik at tilgangen til lys øker. De vil derimot ikke kunne vokse og utvikle seg optimalt kun med lys fra disse bølgelengdene. De er også avhengig av blått lys (430-450 nm). Blått lys har en effekt på plantene som fører til kortere stilker og tykkere blader. Ved mangel på blått lys, vil plantene få lengre stilker og større bladoverflateareal. Dette er fordi energien fra de andre bølgelengdene blir utnyttet. Det blir ofte sagt at det grønne lyset (500-550 nm) reflekteres tilbake av plantens overflate, men det kan fortsatt være gunstig for planteveksten. Dette ser man passer godt med figur 1 som viser hvordan klorofyll a og klorofyll b absorberer lys. For eksempel i det røde

protein-pigmentkomplekset phycoerythrin (se figur 1), som man kan finne i røde alger. Disse røde algene absorberer det grønne lyset (Wikipedia, 2020). Det er sammensetningen av lysenergi som har noe å si for plantene sin vekst (Moucharef, Kolbjørnsen, & Uysal, 2019).



Figur 1. Fotosyntetiske pigmenter absorberer energi fra sollys, som brukes i fotosyntesen. u.d., av Simply science (Simply science, u.d.).

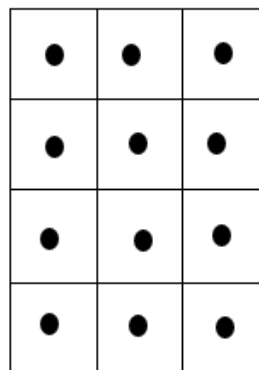
Kelvin er basisenheten for temperatur i det internasjonale enhetssystemet, og har enhetssymbolet K. Når man snakker om fargetemperatur refererer man ikke til varme, men til fargen som kommer ut av lysarmaturen. Varmt lys er mer oransje og rødt, mens kaldt lys er mer hvitt og blått. Store Norske Leksikon forklarer det på denne måten: «Fargetemperatur er i fysikken den temperaturen et legeme antas å ha ut fra den spektrale sammensetning av lyset som legemet sender ut, idet man legger til grunn spekteret fra et ideelt, svart legeme» (Pedersen, 2018). Fargetemperaturer med høye kelvinverdier (5000 K-8000 K) er hvite og blå, mens lave kelvinverdier (2000 K-4000 K) er oransje og rød (Inlineelectric, u.d.).

En generell anbefaling fra mange gartnere på nett er at man trenger lys fra hele spekteret. Frø-produenten «Johnny seeds» skriver at man burde velge et lys med fargetemperaturer i det blå området (5000 K-7000 K) for å fremme vekst, og lys med fargetemperaturer i det røde området (3500 K-4500 K) for å fremme frukting og blomstring (Johnny seeds, 2018). En annen kilde sier at planter foretrekker høye kelvinverdier og at 6400 K er ideelt (Hannes hage, 2018).

Det skal undersøkes om ulike fargetemperaturer og farger på lys kan påvirke planters vekst. Internettet er fullt av forskjellige anbefalinger, noe som gjør det vanskelig å velge riktig lys når man skal gro planter innendørs. Hypotesen var «plantene som stod under lys uten fargefilter ville oppnå best vekst».

## Metode

Det skulle undersøkes om typen lys har effekt på planters vekst og utvikling. For å finne svaret på dette ble det sådd meteorerter (*Pisum sativum*, Plantasjen). Ertene ble valgt fordi de er lette er gro, og de vokser raskt. Plantene ble utsatt for seks ulike lysregimer, hvor fargen og fargetemperaturen varierte. Felles for alle armaturene var to lysrør med en effekt på 18 W, og en G13-sokkel (Biltema). Lysrørene uten fargefilter hadde fargetemperaturer på 3000 K, 4200 K og 6500 K. De tre armaturene som ble brukt med fargefilter hadde en fargetemperatur på 4200 K. Fargefiltrene (Fredriksen Scientific) hadde fargene grønn, rød og gul. For å finne intensiteten ved ulike bølgelengder ble et spektrometer (Pasco) brukt.



Figur 2. I bildet til venstre vises det hvordan plantene ble fordelt under seks pappesker, med ulike lysforhold. Til høyre vises hvordan frøene ble sådd i såbrett. Hvert såbrett inneholdt 12 celler, med et frø i hver. De hadde dybde på 4 cm og en åpning på 4 cm<sup>2</sup>

På figur 2 ser man oppsettet for forsøket. Såbrettene med frøene ble plassert under hver sin pappeske. Pappesker ble benyttet for å skjerme mot innkommende lys, og for å holde lysarmaturene oppe. Et lite område på nedsiden av esken ble skåret for å ha plass til armaturen, omtrent 4 cm dypt. Da sto lyset 21 cm over såbrettet. Tøystykker ble teipet ved hullene på siden for å skjerme mot innkommende lys, samtidig som plantene skulle få tilgang til luft. Hver pappeske inneholdt ett såbrett laget av papp med 12 celler (Plantasjen). Hver celle hadde en dybde på 4 cm og en åpning på 4 cm<sup>2</sup>. Pottene ble fylt opp med såjord (Plantasjen). Alle ertefrøene ble i forkant bløtlagt i romtemperert vann i to timer, fordi dette var anbefalt på posen til ertene. Det ble sådd et frø i hver potte, omtrent 2-3 cm ned i jorda. Da alle frøene var sådd ble de vannet med 15 ml romtemperert vann hver. Jorda skulle være fuktig, men ikke gjennomvåt. Det skulle ikke være mulig å klemme ut vann hvis man løftet opp litt jord. Cellene fikk hvert sitt nummer fra 1-12 for å holde oversikten. De ble også satt oppå et plastikklokk for å beskytte gulvet mot jord og vann. Alle pappeskene ble plassert ved siden av hverandre under en vinduskarm, for å gi dem like forhold. Her lå temperaturen mellom 19 og 22 grader.

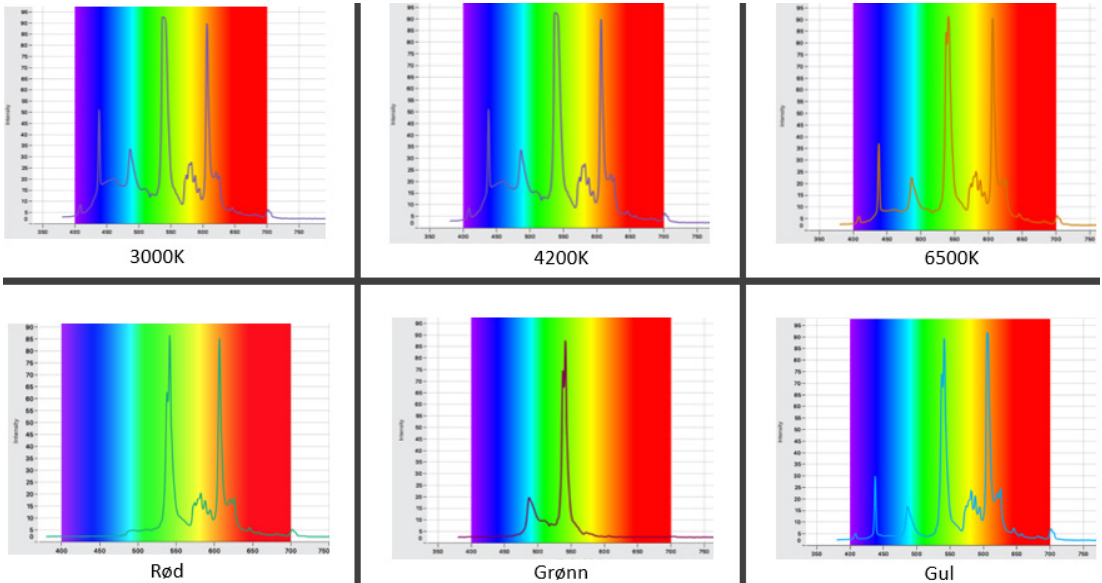
Plantene ble vannet annenhver dag, med 15 ml romtemperert vann i hver celle. Lysene stod på 10 timer hver dag. Totalt varte forsøket i tre uker, og de første høydemålingene ble gjort ved de første spirene. Dette skjedde henholdsvis på dag fem og seks. Høyden ble målt fra jorden og til høyeste del av planten. Plantene ble ikke strukket ut under måling. Ved måling av vekt etter tre uker ble alle plantene forsiktig tatt opp av jorda uten at røttene løsnet. De ble vasket i romtemperert vann, for å fjerne all jorden, før de ble tørket på tørkepapir. Plantene ble veid på nøyaktig vekt. Plantene som døde ble også tatt med i resultatene.

T-tester og analyser ble gjort i Excel. T-tester ble gjennomført for gjennomsnitt med lik varians. Hvis p-verdien var under 0,05, ble forskjellen regnet som statistisk signifikant. Nullhypotesen var at det ikke var noen forskjell i vekst, mens den alternative hypotesen var at det var en forskjell i vekst. Fordi 3000K var den som skilte seg mest ut, valgte vi å bruke den som kontroll, som de andre behandlingene ble testet mot. I tillegg ga 3000 K mest av de bølgelengdene som er viktig for planters vekst. Og ingen av bølgelengdene ble fjernet av filteret. Hvis man hadde valgt å sammenligne alle med hverandre ville risikoen økt for å oppnå statistiske signifikante forskjeller som hadde feilaktig forkastet nullhypotesen.

## Resultater

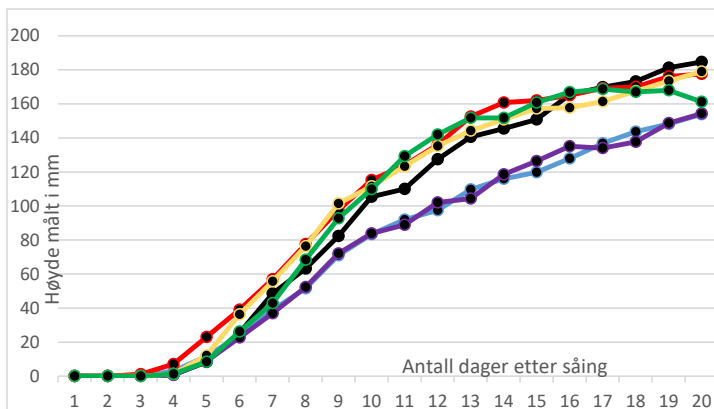
Det var interessant å kartlegge om spekteret til lysene, fordi dette kan ha en påvirkning på plantene sin vekst. Figur 3 viser en oversikt over hvilke bølgelengder som hadde høyest intensitet i de ulike lyskildene.

Alle variantene unntatt den grønne hadde intensitet på ca. 90 rundt 525 nm og 610 nm. Her måles intensiteten i prosent. Den hadde kun intensitet på ca. 90 rundt 525 nm. Spektrometermålingene for det gule lyset, lignet på målingene til de nøytrale lampene, men hadde blå verdier som lå på ca. 30, istedenfor opp mot ca. 60. Ved lysene uten fargefilter førte høyere kelvin til lavere intensitet ved de blålige verdiene, til tross for at 6500 K var den lampen som var mest blå. I tillegg var forskjellene mellom lyskildene mindre enn ventet på forhånd. Det kan derfor virke som at spektrometeret målte feil.



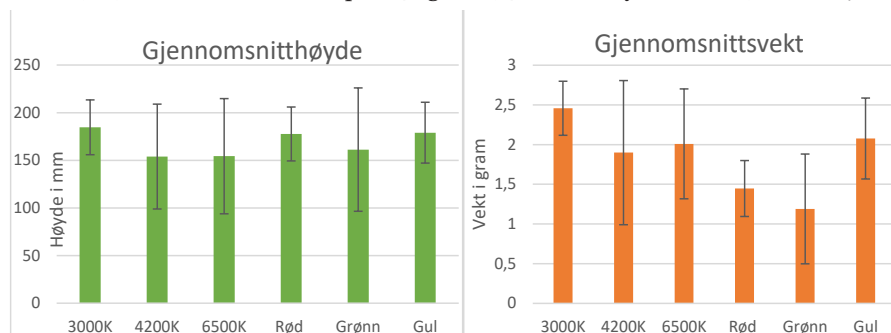
Figur 3. Intensitetsspektrumet illustrerte hvilke bølgelengder som dominerte i de ulike lyskildene. Intensiteten måles i prosent.

Det var relativt liten forskjell mellom de ulike lysforholdene når det kom til veksten (se figur 4). 6500 K og 4200 K endte opp med lavest høyde, og plantene under rødt lys hadde den høyeste veksten under de første åtte dagene. På dag 14 stoppet den bratte veksten til plantene, i tillegg til at veksten til plantene med grønt lys avtok på slutten.



Figur 4: Gjennomsnittlig vekst av plantene. Målt i millimeter. 3000 K=Svart, 4200 K=Blå, 6500 K=Lilla, Rød=Rød, Gul=Gul, Grønn=Grønn

Det var stor høydevariasjon på plantene som vokste under lampene på 4200 K, 6500 K og med grønt fargefilter. Noen av plantene i disse såbrettene ble kun noen centimeter høye, noe som gjenspeiles i de høye standardavvikene (se figur 5). Gjennomsnittsveksten hadde også stor variasjon når det kom til standardavviket. Plantene som vokste under lampe med grønt filter hadde vekt på 1,19 g ( $\pm 0,69$ ), og høyden var 161 mm ( $\pm 65$ ). 3000 K hadde en vekt på 2,46 g ( $\pm 0,34$ ), mens høyden var 185 mm ( $\pm 29$ ).



Figur 5. Gjennomsnittshøyden til plantene inkludert standardavvik. Gjennomsnittsvekten til plantene, inkludert røtter. Plantene ble målt etter 21 dager

Tabell 1: Oversikt over målinger og resultater. Tosidige t-tester mellom 3000 K og resten av gruppene.

Grupper	Høyde*	Vekt**	T-test	Høyde	Vekt
Rød	177,6	1,45	3000 K og rød	0,604	<0,001
Grønn	161,2	1,19	3000 K og grønn	0,362	<0,001
Gul	179,0	2,08	3000 K og gul	0,698	0,089
4200 K	153,9	1,90	3000 K og 4200 K	0,166	0,115
6500 K	154,3	2,01	3000 K og 6500 K	0,212	0,122
3000 K	184,6	2,46			

\*målt i mm

\*\*målt i g



Figur 6. Plantene som hadde vokst under 3000 K-lysrør til venstre. Plantene under grønt fargefilter i midten, og plantene under rødt fargefilter til høyre. Alle bildene er tatt etter 21 dager.



På figur 6 i midten ser du hvor skjøre plantene som vokste under lampe med grønt filter var. 3000 K (se figur 6 til venstre) hadde tykkere blader og stilker sammenlignet med den grønne. Plantene under rødt filter (se figur 6 i midten) hadde lange stilker og små blader.

T-test ble gjennomført i Excel (se tabell 1). Plantene som vokste under 3000 K-lysrør ble sammenlignet med resten av gruppene. P-verdiene mellom 3000 K og rød og 3000 K og grønn (alle tosidige) viste statistisk signifikant forskjell. Resten var et godt stykke over 0,05-grensen.

## Diskusjon

Hensikten med dette forsøket var å undersøke forskjellen på planters vekst under forskjellige lysforhold. Det ble observert relativt store forskjeller i plantenes vekst. Standardavviket varierte stort mellom de ulike gruppene, så det var derfor vanskelig å konkludere med at forsøket viste signifikante forskjeller.

På både høyde og vekt kom plantene under 3000 K-lysrør ut best. Det var derfor relevant å sammenligne disse med resten. Plantene under grønt lys kom dårligst ut på målingene. Tallene viste at høyden til plantene under 3000 K-lysrør lå gjennomsnittlig på 185 mm ( $\pm 29$ ), mens grønn lå på 161 mm ( $\pm 65$ ). Dette var en forskjell på 14 %, men den var ikke statistisk signifikant ( $p=0,362$ ). Forskjellen på vekten var også stor. Her lå 3000 K på 2,46 g ( $\pm 0,34$ ), mens grønn hadde en vekt på 1,19 g ( $\pm 0,69$ ). Forskjellen lå på 106 %, og den var statistisk signifikant ( $p<0,001$ ). P-verdiene var såpass lave at vi regner de som gyldige, selv om vi valgte å sammenligne akkurat de etter innsamlingen av resultatene. Nullhypotesen om at det ikke er noen forskjeller på plantene sin vekst kan dermed forkastes. Målingene varierte veldig, det var derfor kun vekten til 3000 K sammenlignet med vekten til grønn og rød som kunne bli regnet som statistisk signifikant.

Sammenlignet med tidligere forskning, viser noe av resultatene vi fikk det samme som andre har funnet ut av før oss. Ifølge forskningsprosjektet «Hvordan kan vi tilpasse lys for å stimulere til ønsket plantevekst i kontrollerte miljøer?», vil planter som eksponeres for rødt lys (640 nm-680 nm) og langbølget rødt lys (700 nm-800 nm) utnytte energien til å strekke seg, og for å få tilgang til mer energi fra lyset (Moucharef, Kolbjørnsen, & Uysal, 2019). Denne beskrivelsen passer godt med resultatene vi fikk for plantene som ble utsatt for rødt lys. De fikk lange stilker og små blader, i tillegg til at vokste raskest under de første 8 dagene.

Veksten til alle plantene avtok etter 14 dager, det er derfor mulig at jorden gikk tom for næring. Etter 17 dager så man også at plantene som ble utsatt for grønt lys sank sammen. En annen mulighet for disse resultatene er at det var vanskelig å måle høyden på plantene helt nøyaktig. Noen av de høyeste punktene på plantene var veldig tynne og skjøre, og måtte trekkes ut for å finne full lengde. Dette gjorde det vanskelig å definere punktet som var øverst. Det var også noen få planter som døde, blant annet en av de tolv plantene under det grønne lyset, og det trakk gjennomsnittet betraktelig ned.

Det var kun 12 planter under hver av de ulike lysforholdene. Med få paralleller vil variasjon mellom plantene påvirke resultatet, og det forårsaket at standardavvikene ble høye. Derfor ble det vanskelig å konkludere med statistiske signifikante forskjeller. Plantene kan ha blitt veid på litt forskjellige måter, da ulike mengder av røtter som ble med på målingen kan ha variert. Dette var fordi enkelte av røttene var så skjøre at litt ble revet av da de skulle bli tatt opp av cellene sine. En annen feilkilde kan være sammenhengen med lyskildene. Emisjonsspektrumet viste små forskjeller, og det var dermed usikkert hvor relevant fargetemperaturen egentlig var. Lyskilder som skal brukes til planter burde heller bli markert med hvilke bølgelengder de inneholder og intensiteten deres. Dette er mer relevant for planters vekst, og ville gjort det lettere for gartnere å velge riktig type lys.

Forsøket hadde som hensikt å finne ut om veksten ble påvirket av ulike lysforhold, og det kan derfor tenkes at andre metoder kunne vist dette på en bedre måte. For eksempel kunne man brukt flere ulike frø og planter, slik at man derfor kunne vært sikrere på at vektforskjellen ikke kun gjaldt disse spesifikke erteplantene.

Valget av seks ulike lysforhold gjorde det vanskelig å kunne konkludere med noen forskjeller, da man måtte sammenligne to og to grupper for å finne ut eventuelle signifikante forskjeller. Forskjellene mellom noen av lysene var veldig liten, og det kunne vært bedre å velge lys med større variasjoner.

For videre forskning anbefales det derfor å bruke andre type planter, og å eventuelt kun fokusere på to eller tre lyskilder. Blått lys burde også bli prøvd ut da dette ifølge tidligere forskning skal fungere dårlig på egenhånd. I tillegg kan man prøve å bruke de forskjellige lysforholdene på forskjellige stadier av planteveksten, for å sjekke om dette har en positiv effekt. Dette er varianten flere gartnere bruker for å kunne få akkurat de bølglengdene de ønsker. Forskning viser nemlig at rødt lys er viktig i startfasen, og blått senere i vekstperioden. En blanding av disse vil da mest sannsynligvis være det optimale (Moucharef, Kolbjørnsen, & Uysal, 2019).

## Konklusjon

I dette prosjektet ble det funnet signifikante forskjeller i vekten mellom plantene som vokste under 3000 K-lysrør og rødt/grønt lys. Resten av gruppene hadde for høyt standardavvik til å kunne påvise signifikante forskjeller hvis de finnes. Hvis vi ser på resultatene i figur 4, ser vi at vekstprosessen var relativt lik. Likevel ser vi at plantene som vokste under 4200 K-lysrør og 6500 K grodde minst, men det er flere mulige feilkilder som gjør at det ikke kan fastslås at variasjonen i lys forårsaket forskjellene.

## Bibliografi

- Hannes hage. (2018, februar 5). *Hannes Hage*. Hentet fra Hannes Hage: <http://hanneshager.blogspot.com/2018/02/dette-trenger-du-vite-om-vekstlys.html>
- Inlineelectric. (u.d.). *Inlineelectric*. Hentet fra Inlineelectric: [https://www.inlineelectric.com/color\\_temperature](https://www.inlineelectric.com/color_temperature)
- Johnny seeds. (2018, April 12). *Johnny seeds*. Hentet fra Johnny seeds: <https://www.johnnyseeds.com/on/demandware.static/-/Library-Sites-JSSSharedLibrary/default/dw818e2afc/assets/information/grow-light-guide.pdf>
- Khan Academy. (u.d.). *Khan Academy*. Hentet fra Khan Academy: <https://www.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>
- Moucharef, M., Kolbjørnsen, D. W., & Uysal, O. (2019, Mai 15). *Open Archive*. Hentet fra USN Open Archive: <https://openarchive.usn.no/usn-xmlui/handle/11250/2603227>
- Pedersen, B. (2018, juni 22). *SNL*. Hentet fra SNL: [https://snl.no/fargetemperatur\\_-\\_fysikk](https://snl.no/fargetemperatur_-_fysikk)
- Simply science. (u.d.). *Simply science*. Hentet fra Simply science: [https://www.api.simply.science/images/content/biology/cell\\_biology/photosynthesis/conceptmap/Photosynthetic\\_pigments.html](https://www.api.simply.science/images/content/biology/cell_biology/photosynthesis/conceptmap/Photosynthetic_pigments.html)
- Wikipedia. (2020, Desember 31). *Wikipedia*. Hentet fra Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Phycocerythrin>
- Wikipedia. (2021, Januar 10). *Wikipedia*. Hentet fra Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthetic\\_pigment](https://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthetic_pigment)