



Gå til forside: Klik [HER](#)

Lys og planter.

Elektromagnetiske svingninger.

Uden at beskrive teorien bag de elektromagnetiske svingninger kender vi alle til fænomenets udnyttelse i form af f.eks. radiobølger, radar, varme, lys, og radioaktiv stråling. Afstanden mellem to bølgetoppe, kaldes for bølgelængden, som måles i meter. En radiobølgelængde kan f.eks. være 1.000 meter, en varmemstråling kan have en bølgelængde på 1000 nm (udtales nanometer) og en røntgenstråle 1 nm. I dette virvar af bølgelængder findes et ganske smalt bånd, som vi opfatter som synligt lys. Dette bånd går fra ca.400 nanometer til ca. 700 nanometer. At det netop er dette bånd skyldes evolutionen, hvor alle dyr i kampen for overlevelse har tilpasset sig solens stråler. På grund af vores forskellige levevis ser bier bedre det ultraviolette lys, og slanger er bedre til at se infrarødt lys.

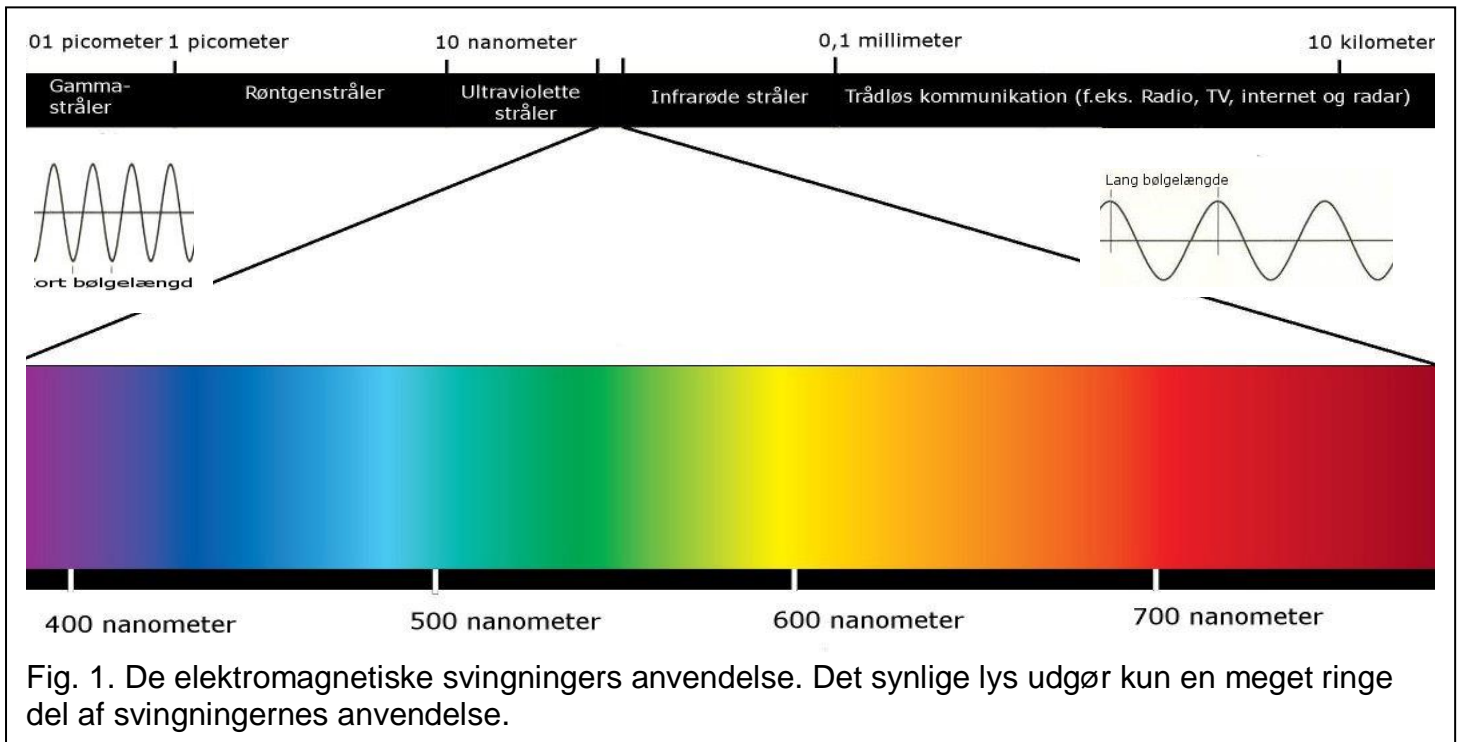


Fig. 1. De elektromagnetiske svingningers anvendelse. Det synlige lys udgør kun en meget ringe del af svingningernes anvendelse.

Øjets lysfølsomhed.

Vores øjne ser dog ikke alle farver lige godt. Allerbedst ser vi den gulgrønne farve, og kun svagt kan vi skimte violet lys med en bølgelængde på 400 nm, eller en rød farve med en bølgelængde på 700 nm. Hvad der ligger uden for disse grænser, er fuldstændig sort for øjet. Men vi ved, at der er noget, for har man f.eks. et kamera, der er følsomt over for infrarøde stråler, kan det jo godt fotografere i "mørke". Afhængig af udstyret, dyrearten eller lanten, kan kurven altså være helt forskellig fra denne kurve.

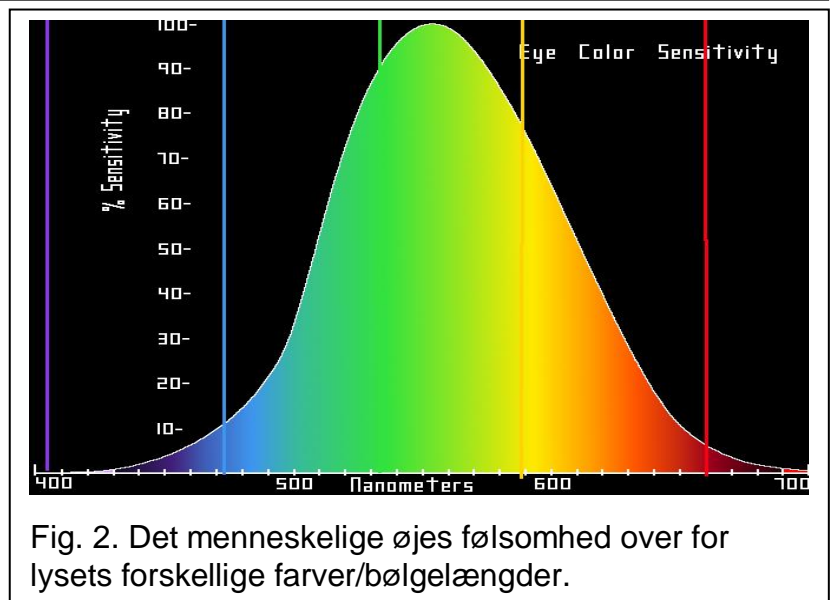
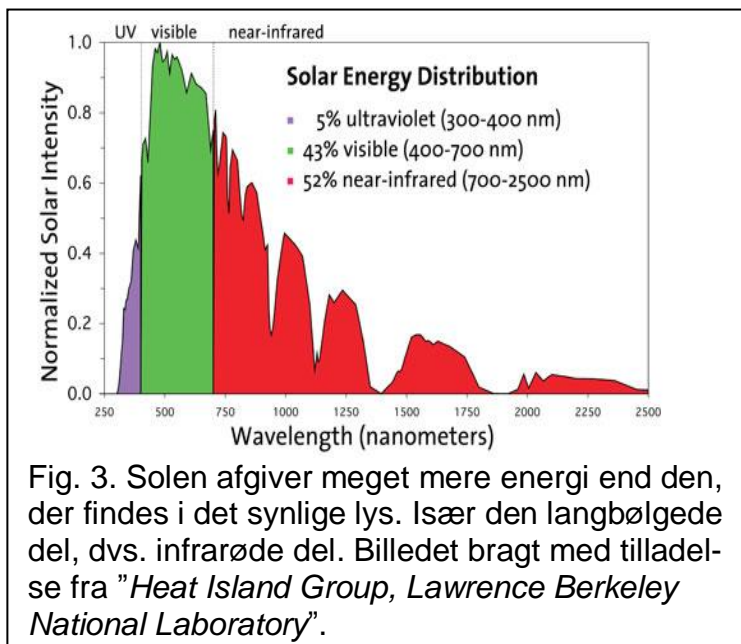


Fig. 2. Det menneskelige øjes følsomhed over for lysets forskellige farver/bølgelængder.

Solens stråler.

Solen er ekstrem varm, 5.500 °C ved dens overflade. Varmen stammer fra en fortløbende atomar proces, og da solens temperatur er konstant, afgiver den lige så meget energi i form af stråling, som den atomare proces frembringer. En meget lille del af denne energi modtager vi her på jorden, og denne lille del er betingelsen for alt liv her.

Ikke engang halvdelen af den energi, der rammer jordens overflade, er synlig lys. Men 52 % kommer som infrarøde varmestraler, og 7 % kommer som ultraviolette stråler.



Absorption og refleksion.

Hvis en genstand belyses af solens stråler, og den ses som sort, er det fordi, den absorberer alle strålerne. Ses den derimod som hvid, reflekterer den alle solens stråler. Ses den som rød, er det fordi den kun reflekterer de røde farver og absorberer alle de øvrige farver.

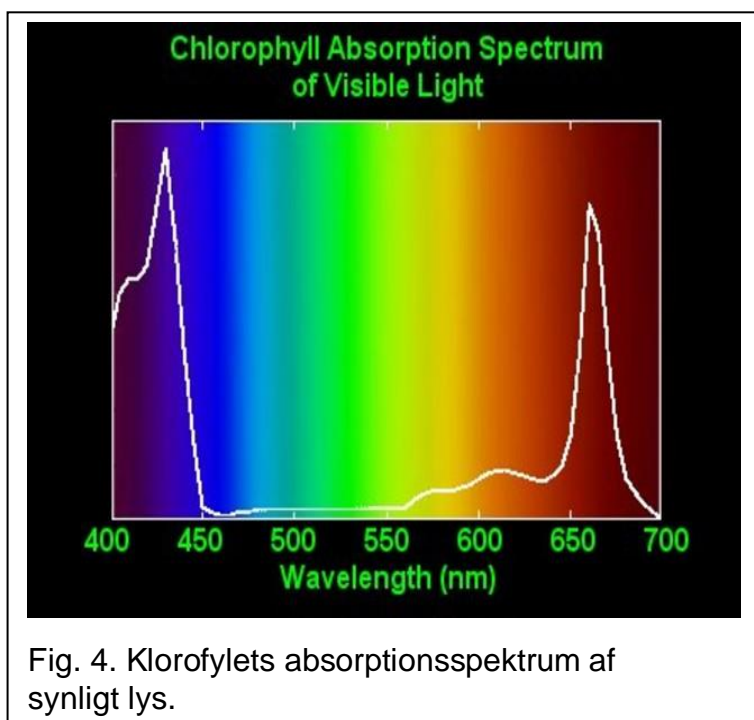
Belyser vi en blå genstand med rødt lys (kun rødt), vil genstanden ses som sort. Det skyldes, at den absorberer alle farver (altså også den røde) og kan kun reflektere det blå (og den blå farve var jo ikke i det røde lys). Hvis den belyste genstand ikke forbruger den absorberede energi, vil den blive varm. Derfor vil en sort genstand blive varmere end en hvid genstand, hvis den står i sollyset. Men den hvide bliver også varmere. Det skyldes sollysets infrarøde stråler, som snarere ser den hvide farve som nærmest visuel grå eller måske som helt sort. Vil man helt undgå absorption, skal overfladen være spejlblank som f.eks. glatpoleret metal. Ofte vil en aluminiumsfolie virke som en visuel næsten hvid overflade.

Planternes lysfølsomhed.

Da stort set alle planter er grønne, betyder det, at de åbenbart ikke optager det grønne lys i solens stråler. En nærmere undersøgelse viser da også, at blade kun optager energien i den røde og den blå farve, og det er endda kun der, hvor vi nærmest kun kan skimte farverne; men hvor solstrålerne alligevel er meget rige på energi. Med vores øjne har vi derfor vanskeligt ved at vurdere, om en given lyskilde er god for en plante.

Det stof i bladene, som optager det blå og det røde lys kaldes klorofyl og er en betingelse for, at der er liv på jorden.

<https://baynature.org/articles/photosynthesis-in-leaves-that-arent-green/>



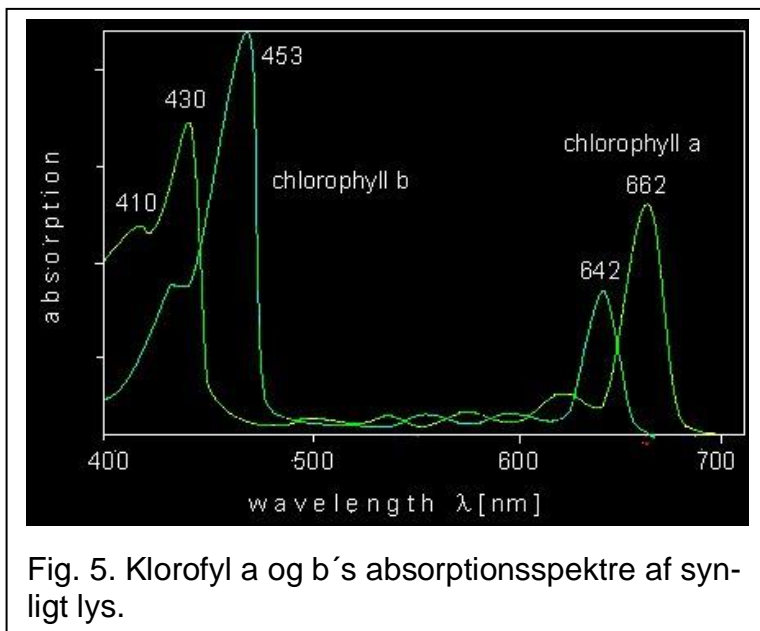
Fotosyntese.

Klorofylet har den egenskab, at det er i stand til at danne sukker ud fra luftens kuldioxid og vand. Til gengæld udskiller det luftarten ilt som et restprodukt. Betingelsen for, at denne proces kan fungere er, at der tilføres energi – og det er netop denne energi, som klorofylet optager i det røde og det blå område.

Der er flere forskellige klorofyler, som kan optræde samtidigt i den enkelte plante. Den vigtigste er den hidtil omtalte, som kaldes klorofyl a. Den næst vigtigste kaldes klorofyl b, mens de øvrige ikke skal omtales her.

Fig. 5 viser, at klorofyl b ligger lidt længere inde mod det - set for os - synlige område og udvider derved plantens absorption af energi i især det blå område. Ved svage lysstyrker vil klorofyl b i det synlige blå område være mere aktiv end klorofyl a.

Dyr og planter er en forudsætning for hinandens liv, idet planterne har brug for den kuldioxid, som dyrene udånder, og dyrene har brug for den ilt, som planterne afgiver.



Lysets indflydelse på planterne.

Ud over klorofyl indeholder blade og blomster også stof, der benævnes caroten. Det indeholder pigmenter med farverne, gul, orange, rød og violet og har antioxidative egenskaber, idet det beskytter mod lysets nedbrydning. Det er dette stof, som giver blomsterne farve, det giver æblet en "rød kind" på den del, der vender mod lyset, og om efteråret giver det bladene deres smukke farver.

Bølgelængde [nm]	Farve	Påvirkning
280 - 315	Ultraviolet	Ingen positiv indflydelse på væksten. Falmer og bliver solbrændt.
315 - 400	Ultraviolet/blå.	Ringe optagelse gennem klorofylet. Hæmmer cellestrækningen. Kan blive solbrændt. Påvirker plantens lysbestemte udvikling.
400 - 520	Blå	Stor absorption af klorofyl og caroten. Stor fotosyntese.
520 - 610	Gul/grøn	Stort set ingen indflydelse
610 - 750	Rød	Optagelse af klorofylet. Stor fotosyntese. Påvirker plantens lysebestemte udvikling og spiring og blomstring. Mangel giver mistrivel.
750 - 1000	Rød/infrarød	Ringe absorption. Stimulerer cellestrækningen. Påvirker spiring og blomstring. Mangel kan føre til mistrivsel.
1000 +	Infrarød	Al absorberet energi omsættes til varme.

Fig. 6. Lysets indflydelse på planterne

Forskellige lyskilders spektralfordeling.

Hvis man vil benytte kunstlys til planterne, er der ingen grund til at belyse planterne i de områder, hvor planterne ikke kan udnytte lyset. Og igen: Fordi vi kan se lyset, kan vi ikke gå ud fra, at planterne så kan drage nytte, af det, som vi ser.

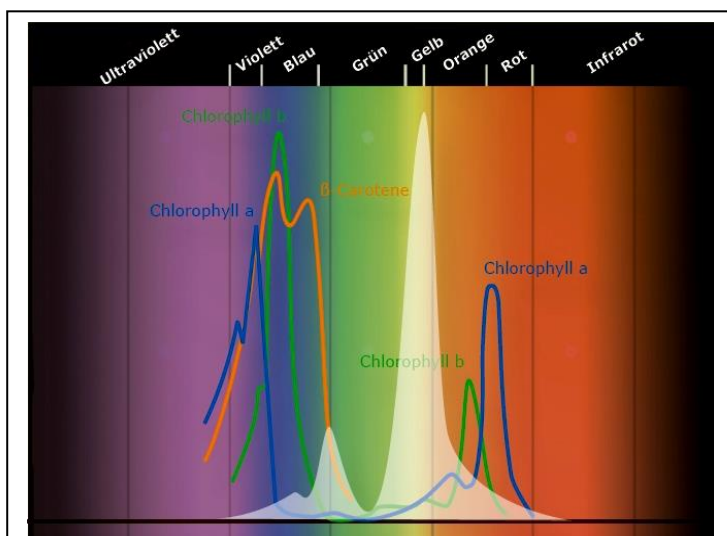


Fig. 7. Den mest almindeligt benyttede lyskilde i gartnerierne er en natriumdamplyse, der afgiver et lys, som den hvide areal viser.

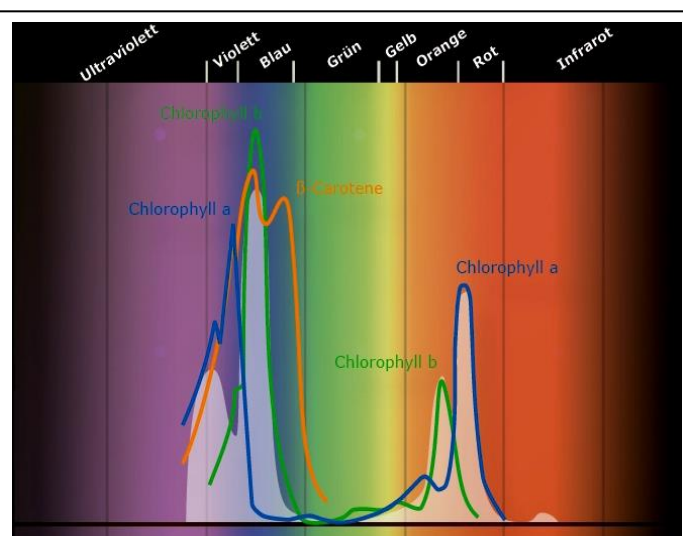


Fig. 8. Det hvide areal er et eksempel på diodelys, som passer fuldstændig til klorofylets lysfølsomhed.

Megen spildt energi og mange spildte kræfter er i tidens løb brugt på at lave kunstlys til planterne; men det er først ved fremkomsten af de lysemitterende dioder (LED), at man har mulighed for at tilpasse lyset til planternes behov, sådan som det er vist i fig. 8. Et lysarmatur med LED'er kan udformes på mange måder, og der indgår mange LED'er i et armatur. Det er typen og antallet af disse dioder som bestemmer spektralfordelingen fra armaturet.

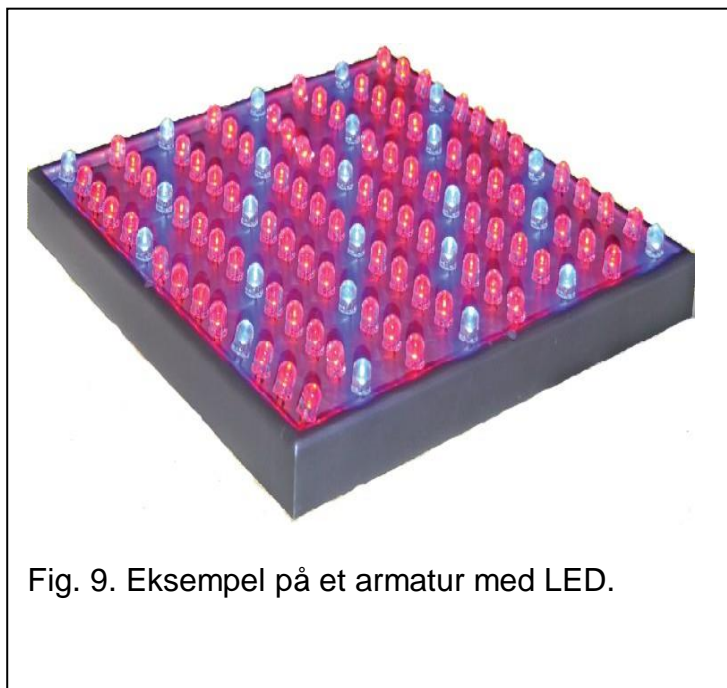


Fig. 9. Eksempel på et armatur med LED.



Fig. 10. Vækstlysets farvesammensætning bevirker, at man slet ikke kan se planternes normale grønne farver.

Skal man købe et LED-armatur, er det vigtigt at få oplysninger om lysets spektralfordeling, helst i form af kurver; men talværdier kan også benyttes, hvis de beskriver energien eller strålingen fra det blå og det røde LED'er.

Angivelse af lysets styrke.

Hvis man vil arbejde med lys til planter er det klogt at glemme alt om lumen, lux, candela, og hvad man ellers har lært om lys, som knytter sig til det menneskelige øje. I stedet skal man arbejde med nedenstående fysiske enheder.

Effekt. Hastigheden, hvormed man tilfører energi kaldes effekt og måles i watt.

Energi. Tilfører man f.eks. en pære 1 watt i 1 sekund, er den samlede tilførte energi 1 wattsekund, som også kaldes for en joule. Tilfører man den samme effekt i en time kalder man energien for en watttime, som alt så er lig med $1 \times 60 \times 60 = 3600$ wattsekunder.

Virkningsgrad. Virkningsgraden er defineret som den energi eller effekt, som man udnytter i forhold til den energi eller effekt, som man tilfører. En "gammeldags" glødelampe har en virkningsgrad på ca. 5 %. Det betyder, at lysudbyttet kun er 3 watt, hvis den tilførte effekt er på 60 watt. Hvis man skal have det samme lysudbytte med en sparepære, som har en virkningsgrad på 25 %, skal der kun tilføres 12 watt.

Flux. Fluxen er et mål for lysets intensitet, og angives i watt/m^2 . Eksempelvis er lysets intensitet, altså fluxen, ca. 1000 watt/m^2 på jordoverfladen, når de mest optimale forhold indtræder.

Fotoner. I 1905 kunne Einstein forklare, at lysets energi kommer i udelelige energiportioner. Disse udelelige energiportioner kaldes for fotoner og er defineret ud fra Avogadros tal, idet

$$1 \text{ mol} = 6,02 \times 10^{23} \text{ fotoner.}$$

Fotonens energi er givet ved:

$$E = \frac{2 \times 10^{-25}}{\lambda} \text{ [joule]}$$

Ved ækvator skinner solen ved middagstid med en styrke på ca. $1700 \text{ } [\mu\text{mol/m}^2/\text{s}]$

De fleste planter kan klare sig fint, hvis den samlede lysmængde fra solen på et døgn er 26 mol/m^2 . Det svarer til en intensitet på $300 \text{ } [\mu\text{mol/m}^2/\text{s}]$, hvis der belyses i alle døgnets 24 timer, eller til $600 \text{ } [\mu\text{mol/m}^2/\text{s}]$, hvis der belyses i 12 timer hvert døgn.

Eksempel 1: Beregn fotonens energi ved 430 nm og ved 682 nm, hvor klorofyl a er mest følsom over lys. Konkluder om energien er forskellige i "de blå og de røde fotoner".

Svar:

$$\text{Ved 430 nm fås: } = \frac{2 \times 10^{-25}}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-25}}{430 \times 10^{-9}} = 4,65 \times 10^{-19} \text{ [joule]}$$

$$\text{Ved 620 nm fås: } = \frac{2 \times 10^{-25}}{\lambda} = \frac{2 \times 10^{-25}}{682 \times 10^{-9}} = 2,93 \times 10^{-19} \text{ [joule]}$$

Konklusion: En foton har større energi ved det blå lys end ved det røde lys.

De "ultraviolette fotoner" har større energi end de "blå fotoner" og er så energirige, at de kan ødelægge planternes celler. Derfor er det vigtigt, at stratosfærens ozonlag forhindrer det ultraviolette lys i at trænge ned til jordoverfladen. De "infrarøde fotoner" har mindre energi end de "røde fotoner" og indeholder for lidt energi til, at de kan give en fotosyntetisk effekt.

Eksempel 2: På en solrig dag rammes jorden af det blå lys (430nm) med en styrke på $3 \text{ } [\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}]$
Omregn fotonfluxen $[\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}]$ til strålingsflux $[\text{watt}/\text{m}^2]$.

Svar:

$$3 \text{ } [\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}] = 3 \times 10^{-6} \times 6,02 \times 10^{23} = 18,06 \times 10^{17} \text{ fotoner}/\text{m}^2$$

Og da hver foton i det blå lys repræsenterer en energi på $4,65 \times 10^{-19} \text{ [joule]}$ fås

$$\Psi = 18,06 \times 10^{17} \times 4,65 \times 10^{-19} = \underline{0,84 \text{ [watt}/\text{m}^2]}$$



Eksempel 3:

Billedet viser et armatur med i alt 6 stk røde og blå LED'ere. Armaturet optager en effekt på 18 watt og fabrikanten oplyser, at det i en afstand på 15 cm afgiver $60 \text{ } [\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}]$. Udstrålingen foregår under en vinkel på 120 grader.

A: Undersøg, om der bør opsættes reflekterer, der kan reflektere lys, som ellers vil gå til spilde langs den bestrålede overflade, hvor afstanden mellem kanterne på det bestrålede areal er 30 cm.

B: Beregn den afstand, der skal være mellem armaturet og den belyste flade for, at alle fotoner rammer fladen, hvis kanter har en indbyrdes afstand på 30 cm. (Der tages ikke hensyn til det belyste areal fra armaturets to ender).

C: Beregn lysets intensitet $[\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}]$ i den beregnede afstand fra armaturet.

D: Beregn lysets intensitet langs den belyste flades yderkanter, idet det belyste areal står vinkelret på lysets retning.

E: Beregn lysets intensitet langs den belyste flades yderkanter, idet det belyste areal ligger vandret.

F: Beregn hvor mange fotoner armaturet afgiver pr. dag, idet armaturet er tændt 16 timer hver dag.

G: Har armaturet den fornødne størrelse, idet den samlede bestråling på et døgn bør ligge på mindst $26 \text{ } [\text{mol}/\text{m}^2]$, og der bestråles i 16 timer.

Svar:

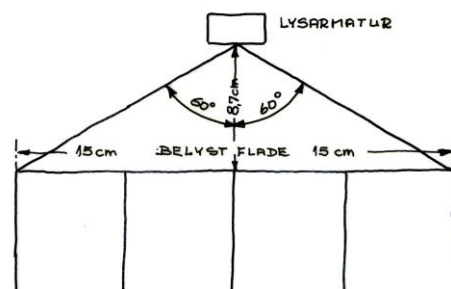
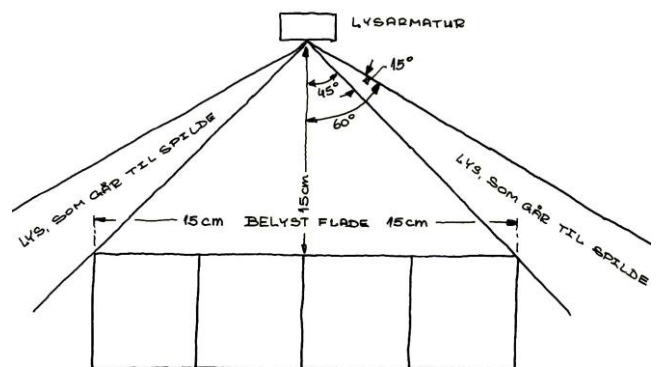
A: Den nemmeste måde er at tegne sig frem til løsningen, som her er vist på hosstående skitse. Det ses heraf, at en del af fotonerne ikke rammer den vandrette flade, og derfor bør der opsættes en reflekterende skærm.

$$B: \quad h = \frac{v}{\text{tg}60^\circ} = \frac{15}{\text{tg}60^\circ} = 8,7 \text{ [cm]}$$

C: Da der ved en langstrakt lysgiver er omvendt proportionalitet mellem afstand fra lysgiveren til den belyste flade, kan lysets intensitet beregnes:

$$\Psi \times 8,7 = 60 \times 10^{-6} \times 15 \quad \text{Heraf:}$$

$$\Psi = \frac{60 \times 10^{-6} \times 15}{8,7} = 104 \text{ } [\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}]$$



D: Først beregnes afstanden, S, fra armaturet til yderkanten:

$$s = \frac{h}{\cos 60^\circ} = \frac{8,7}{0,5} = 17,4 \text{ [cm]} \quad \text{Herefter beregnes lysets intensitet som vist ovenstående:}$$

$$\Psi = \frac{104 \times 10^{-6} \times 8,7}{17,4} = 52 \text{ [\mu mol/m}^2\text{/s]}$$

Hvis et blad står vinkelret på lysstrålernes retning, vil det modtage 52 $[\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}]$.

E: Er bladet vandret findes lysets intensitet af:

$$\Psi_v = \Psi \times \cos 60^\circ = 52 \times 0,5 = 26 \text{ [\mu mol/m}^2\text{/s]}$$

F:

$$P = \Psi \times t = 60 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 16 = 3,5 \text{ [mol/m}^2\text{/døgn]}.$$

G:

Hvis der kun var afgivet almindeligt hvidt dagslys, lys var det afgivne lys ikke tilstrækkelig. Derfor benyttes to armaturer med rødt/blåt lys, som tilsammen giver 7 $[\text{mol}/\text{m}^2/\text{døgn}]$ ved 16 timers bestråling. Herved opnås også en mere ensartet fordeling af lyset. Erfaringerne viser, at det er tilstrækkeligt, idet 20 tomatplanter i 4 uger efter såningen har det viste udseende og har opnået en højde på i gennemsnit 16 cm. Under plantevæksten sørges for, at armaturerne løftes, men at afstanden til planterne holdes så lavt, at bladene får den maksimale belysning.

