

LED-Verlichtingsontwerp voor Vertical Farming van Groene Kruiden

Andres Bosman, Cas Truysers, Daan Vercammen,
Stijn Verhaeghe, Syme Vandenbosch, Arne Van der Stede

April 17, 2025

1 Inleiding

In dit document wordt een voorstel gepresenteerd voor een LED-verlichtingssysteem binnen een vertical farm, specifiek gericht op de teelt van snijsla en diverse groene kruiden (zoals basilicum, koriander en munt). De nadruk ligt op een efficiënte en uniforme lichtverdeling met een optimale Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD), afgestemd op bladgroenten.

2 LED-selectie

Voor dit project zijn drie types LED's geselecteerd uit de Cree J Series JE2835 Color-reeks:

Table 1: Technische specificaties van geselecteerde LED's

Type	Kleur	Golflengte (nm)	PPF ($\mu\text{mol/s}^{-1}$)	View Angle ($^{\circ}$)
JE2835ARY	Royal Blue	450–460	1.01	124
JE2835AHR	Photo Red	650–670	0.72	121
JE2835AFR	Far-Red	720–740	0.72	121

3 Spectrum en kleurverhouding

De keuze van lichtkleuren is cruciaal voor het sturen van de fotosynthese, bladontwikkeling en morfologie. Dit project gebruikt drie spectraalkleuren:

Blauw licht (450–460 nm)

Bevordert bladontwikkeling, fotomorfogenese, pigmentvorming en compactheid van de plant. Het helpt overmatige strekking voorkomen [1].

Rood licht (650–670 nm)

Stimuleert fotosynthese en draagt sterk bij aan biomassavorming. Rood licht is bijzonder efficiënt in de activering van chlorofyl [1].

Far-Red licht (720–740 nm)

Hoewel buiten het PAR-bereik, versterkt far-red in combinatie met rood licht de fotosynthese via het *Emerson-effect* [1]. Het wordt beperkt ingezet om ongewenst schieten en bloei te vermijden.

Verhouding en doel

Per lade wordt gebruikgemaakt van:

- 12 blauwe LED's
- 20 rode LED's
- 16 far-red LED's

Verhoudingen:

- $R:B = \frac{20}{12} \approx 1.67$
- $R:FR = \frac{20}{16} = 1.25$

Deze zijn gekozen om zowel compacte groei als efficiënte fotosynthese te bevorderen, zonder te veel far-red dat tot bloei of strekking kan leiden.

4 Far-Red overweging

Hoewel far-red licht buiten het fotosynthetisch actieve spectrum (PAR) valt, draagt het bij aan het *Emerson-effect*, waarbij de combinatie van rood en far-red licht leidt tot een verhoogde fotosynthetische efficiëntie [1]. In dit ontwerp wordt far-red licht daarom in beperkte mate toegepast. Aangezien de focus ligt op bladgroei en niet op de reproductieve fase (zoals bloei of zaadvorming), is het nodig om overmatige stimulatie van fotosynthese te vermijden. Bij te hoge lichtintensiteit kan dit proces van voortijdig schieten bevorderen, wat ongewenst is bij de teelt van bladgewassen.

5 Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD)

PPFD, uitgedrukt in $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, meet het aantal fotosynthetisch actieve lichtfotonen dat een plantoppervlak bereikt. Dit is essentieel in vertical farming, waar kunstlicht de enige bron van energie is voor fotosynthese.

Sla en basilicum

- PPFD van $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ is optimaal voor biomassa, kwaliteit en energiegebruik [2].
- $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ volstaat bij hoge plantdichtheid (680 planten/m^2) [2].

Koriander

- PPFD van $250\text{--}300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bevordert biomassatoename en antioxidantproductie [3].
- Optimale prestaties bij verhoogde worteltemperatuur en CO_2 [3].

Aanbevolen richtlijn: Voor bladgewassen is $200\text{--}250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ geschikt, afhankelijk van ruimtegebruik en teeltstrategie.

5.1 PPFD-berekening

Voor een lade van 0.173 m^2 met 12 blauwe, 20 rode en 16 far-red LED's geldt:

$$\begin{aligned}\text{PPF}_{\text{totaal}} &= (12 \times 1.01) + (20 \times 0.72) + (16 \times 0.72) \\ &= 12.12 + 14.4 + 11.52 = 38.04 \text{ } \mu\text{mol/s}\end{aligned}$$

$$\text{PPFD} = \frac{38.04}{0.173} = 219.05 \text{ } \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$$

Dit ligt binnen de aanbevolen zone ($200\text{--}300 \text{ } \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) voor bladgroenten. Dit zorgt voor optimale groei. [2, 3].

6 Afstand en uniformiteit

De LED's worden op 25–30 cm boven het gewas geplaatst. Dankzij de brede uitstralingshoek ($121\text{--}124^\circ$) ontstaat een egale belichting. De kast is voorzien van een witte coating die fungeert als reflectieve achtergrond en zo schaduwvorming vermindert.

7 Fotoperiode

Een cyclus van 16 uur licht en 8 uur donker (16L/8D) is toegepast, wat bewezen effectief is voor bladgroenten. [4].

8 Toepassingsgebied

8.1 PCB ontwerp

Voor het ontwerp van de PCB is er gekozen om eerder kleine PCB te maken om zo de lichtspreading beter te kunnen managen. Er is een PCB gekomen zoals te zien is in fig:1

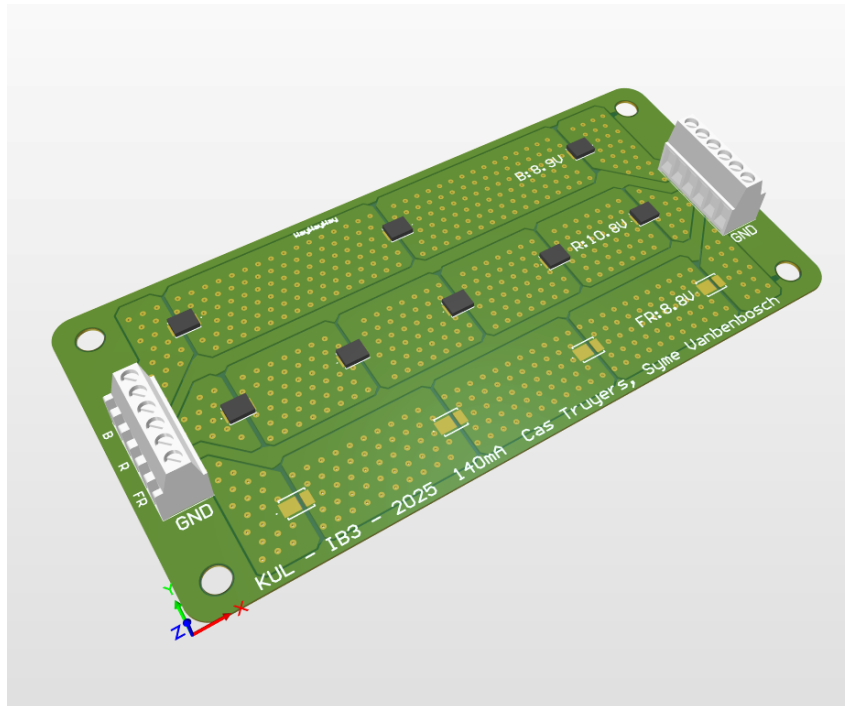


Figure 1: Opbouw van de LED-PCB

8.2 Uitvoering in de kast

De verlichting wordt toegepast in lades van 45,7 cm x 38 cm (0.174 m²). Elke lade bevat uiteindelijk 4 PCB's met:

- 3 blauwe LED's
- 5 rode LED's
- 4 far-red LED's

Totaal per lade: 12 blauwe, 20 rode, 16 far-reds.

9 Conclusie

De voorgestelde LED-configuratie voldoet aan de lichtbehoeften van bladgroenten in vertical farming. De gekozen PPFD-waarde en spectrumverhouding bevorderen vegetatieve groei met behoud van energie-efficiëntie en gelijkmatige belichting.

References

- [1] S. Zhen, M. Haidekker, and M. W. van Iersel, “Far-red light enhances photochemical efficiency in a wavelength-dependent manner,” *Physiologia Plantarum*, 2019.
- [2] V. Jadhav, T. Grondona, A. Pistillo, G. Pennisi, M. Ghio, G. Gianquinto, and F. Orsini, “Optimizing planting density for increased resource use efficiency in baby-leaf production of lettuce (*lactuca sativa* l.) and basil (*ocimum basilicum* l.) in vertical farms,” *ResearchGate*, 2024.
- [3] F. Wang, Q. Gao, G. Ji, J. Wang, Y. Ding, and S. Wang, “Effects of light intensity and photoperiod on morphological development and photosynthetic characteristics of coriander,” *ResearchGate*, 2024.
- [4] S. D. Gupta, *Light Emitting Diodes for Agriculture*. Springer, 2017.