



# Avbildning erbjuder lösningar på utmaningar inom växthusproduktion



HELSINGIN YLIOPISTO



Maa- ja metsätalousministeriö



Puutarhasäätiö – Trädgårdsfonden rf

# Sammanfattning

Förändringar i livsmedelssystemet, näringsrekommendationerna och konsumtionsvanorna innebär att konsumtionen av grönsaker och bär ökar. Därför måste man fästa uppmärksamhet vid deras produktionsförutsättningar och lönsamhet, och utveckla produktionen vidare så att den blir mer hållbar, mer data-driven och mer automatiserad.

År 2021 använde växthusföretagen 620 GWh (gigawattimmar) el. Jämfört med det föregående statistikåret 2017 var ökningen 20 GWh (+3,5 %). År 2024 användes 799 GWh el, vilket innebar en ökning på 29 % jämfört med statistikåret 2021. Detta förklaras särskilt av den ökade användningen av elpannor för produktion av värmeenergi i växthus.

När uppvärmningen övergår till elektriska lösningar och belysningen övergår från HPS-lampor till LED-lampor ökar elmarknadens betydelse. Övergången till LED-belysning kräver nya lösningar för att styra växthusklimatet, men erbjuder också nya möjligheter att optimera ljusspektrum och belysningsstrategier.

Sedan oktober 2025 har elpriserna på Nord Pools intradagsmarknad fastställts med 15 minuters intervall, vilket ytterligare har ökat den tidsmässiga variationen i optimala energianvändningsstrategier.

## Nyckelord

Växthusproduktion

Växtavbildning

Klorofyllfluorometri

Öppna data



I projektet "Avbildning erbjuder lösningar på utmaningar inom växthusproduktion (KuKa)\* närmade man sig växthusproduktionens lönsamhet både ur energiförbrukningens och produktivitetens perspektiv genom att särskilt granska belysningsförhållandena. Rätt genomförd växthusbelysning sparar energi och främjar växternas tillväxt och skördebildning.

Vi tillämpade avbildsteknologier och utvecklade flera nya avbildningsprotokoll, främst baserade på klorofyllfluorometri, för att undersöka hur växternas fotosyntes fungerar. Fotosyntesapparaten är inte bara grunden för växternas energiomsättning, utan också en central faktor i växternas anpassning till olika stressfaktorer. Som försöksväxter användes växthusgurka och växthustomat.

Projektets resultat gagnar producenter, konsumenter, forskare och beslutsfattare och stöder utvecklingen av energieffektiv växthusproduktion i Finland.

Vidareutvecklade avbildningsmetoder ger information om växtens funktion i realtid, vilket gör det möjligt att bland annat utnyttja elprisbaserad belysning mer effektivt och dessutom upptäcka eventuella patogener i ett tidigt skede.

Integreringen av data som produceras av odlare med vetenskaplig modellering möjliggör i framtiden skapandet av mer precisa och lokalt anpassade AI-baserade odlingsguider.

## Bakgrund och mål

År 2024 använde växthusföretagen 799 GWh (gigawattimmar) el. Jämfört med det föregående statistikåret 2021 var ökningen 29 %. Detta förklaras särskilt av den ökade användningen av elpannor för produktion av värmeenergi i växthus.

När uppvärmningen övergår till elektriska lösningar och belysningen övergår från HPS-lampor till LED-lampor växer elmarknadens betydelse. Sedan oktober 2025 har elpriserna på Nord Pools intradagsmarknad fastställts med 15-minuters intervall, vilket ytterligare har ökat den tidsmässiga variationen i optimala energianvändningsstrategier.

KuKa-projektets huvudmål:

- 1) Optimering av belysningsanvändningen: Hur olika ljusspektra och ljusintensiteter påverkar växternas tillväxt, avkastning och kvalitet samt definiering av "energivisa" protokoll.
- 2) Utveckling av bilddiagnostik: Att utnyttja teknologier som klorofyllfluorescens, värmekameraavbildning och RGB-kameror samt skapa metoder för realtidsmätning av växternas prestation och stress.
- 3) Datahantering: Att skapa standardiserade dathanteringsrutiner enligt FAIR-principerna (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) och plattformar för öppen vetenskap som stöder datadelning mellan intressenter och möjliggör framtida AI-modellering och IoT-applikationer i växthus.
- 4) Intressenter: Att säkerställa aktiv interaktion med växthusodlare genom mätkampanjer, intressentmöten och facktidningsartiklar.

## Material och metoder

I detta projekt tillämpade vi bildteknologier och utvecklade flera nya avbildningsprotokoll, huvudsakligen baserade på klorofyllfluorometri, för att undersöka hur växternas fotosyntes fungerar. Som försöksväxter användes växthusgurka och växthustomat.



Vid Helsingfors universitet utfördes försöken med NaPPI PlantScreen™ Compact- och Modular-systemen. Vid Luke försöksstation i Pikis samt i produktionsväxthusen gjordes avbildningen med Mobile Plant Phenotyping Platform-systemet och FluorPen FP 100-MAX-D-instrument (Photon Systems Instruments, Drasov, Tjeckien; SMO, Belgien) samt med PI-450-infrarödkamera (Optris, Tyskland).

## Resultat och deras genomslag, slutsatser och utmaningar

### Centrala resultat

- Tillägg av fjärrinfrarött ljus är hos plantor en mer kostnadseffektiv strategi för tillväxtfrämjande än att enbart öka den totala ljusmängden.
- I gurkans skördeexperiment orsakade prisbaserad belysning avvikelser i fotosyntesparametrarna endast i de allra yngsta bladen. Skillnader i tillväxt, avkastning eller fruktqualität observerades inte.

### Vetenskaplig genomslagskraft

KuKa-projektets studier ger tydligt vetenskapligt mervärde och ny genotypspecifik kunskap om de sorter som används i finländsk produktion.

De metodologiska framstegen lyfter fram betydelsen av bättre tidsmässig upplösning vid studier av fotosyntesens dynamik. Projektet har också stött flera akademiska examensarbeten.

Helsingfors universitets FAIR-kompatibla publicering av NaPPI-data via PHIS-systemet och samarbetet med europeiska nätverk har lett till att bland annat det norska PheNO-nätverket har tagit NaPPI:s dataramverk i bruk.

### **Tillämpning av resultaten i växthusproduktionen**

Projektets resultat gagnar producenter, konsumenter, forskare och beslutsfattare och stöder utvecklingen av energieffektiv växthusproduktion i Finland.

- Varierande belysnings-scheman, tidsanpassade till perioder med lägre elpriser, påverkade inte tomatens och gurkans tillväxt negativt.
- Även tillägg av fjärrinfrarött ljus visade sig vara en mycket effektiv metod för att påskynda plantornas tidiga utveckling och erbjuder ett kostnadseffektivt alternativ till att enbart öka den totala ljusmängden.
- Samarbetet med kommersiella odlare främjade både utvecklingen av forskningsmetoder och den praktiska nyttiggörandet av projektets resultat.

Förutom nya odlingsrutiner erbjuder projektets resultat bredare möjligheter för innovation och utveckling inom sektorn. Nya avbildnings- och stressdetekteringsmetoder skapar en grund för framtida precisionsodlingsprodukter och digitala tjänster.

I framtiden förväntas tillämpningarna också utvidgas till AI-baserad skördeprognostik, IoT-baserad växthusstyrning och tidig detektion av patogener.

### **Rekommenderade åtgärder för framtiden**

I framtida forskning bör man prioritera:

- Mekanistiska studier av långsiktiga ljusresponser.
- Optimerade och mer kostnadseffektiva strategier för belysning.
- Undersökning av avancerade avbildtekniker för tidig detektion av stress och patogener.



Betydelsen av att integrera miljöförhållandedata i växthusmodellering och -produktion ökar ytterligare:

- I växthus bör man använda och dra större nytta av integrerade sensorer som mäter både miljön (inklusive mikroklimat) och växternas funktion.
- Nya tekniker för realtidsövervakning av växternas fysiologi direkt i produktionsmiljön, såsom avbildningsmetoder baserade på klorofyllfluorescens, behöver utvecklas vidare.
- Vidareutvecklade avbildningsmetoder ger information om växtens funktion i realtid, vilket möjliggör en effektivare användning av elprisbaserad belysning och gör det dessutom möjligt att upptäcka potentiella patogener i ett tidigt skede.

För närvarande testas metoder för insamling, lagring och integrering av forskningsdata:

- Utvecklingen av standardiserade databaser med öppen tillgång bör fortsätta.
- Det finns behov av att utveckla lätthanvända elektroniska formulär för att underlätta insamlingen av metadata.
- Integrering av data som producenterna själva genererar med vetenskaplig modellering möjliggör skapandet av mer precisa och lokalt anpassade AI-baserade odlingsguider.



## Kontaktuppgifter

Titta Kotilainen  
Naturresursinstitutet (Luke)  
titta.kotilainen@luke.fi

Kristiina Himanen  
Helsingfors universitet  
kristiina.himanen@helsinki.fi

Slutrapport för projektet (på finska):  
<https://www.luke.fi/fi/documents/kukahankkeen-loppuraportti>