

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

STADSLANDBOUW EN DUURZAME GEBOUWEN

LENTE 2024

Energiebeheer

Basisconcepten en uitdagingen

Muriel BRANDT

écoRce
INGÉNIERIE CONSULTANCE





- ▶ De aandacht vestigen op de energie-implicaties en -uitdagingen van stadslandbouw
- ▶ De kwestie van de energiesynergieën behandelen aan de hand van enkele voorbeelden



ENERGIE-UITDAGINGEN

- ▶ **Aanpak en ambities**

- ▶ Verwarming

- ▶ Koeling

- ▶ Verlichting

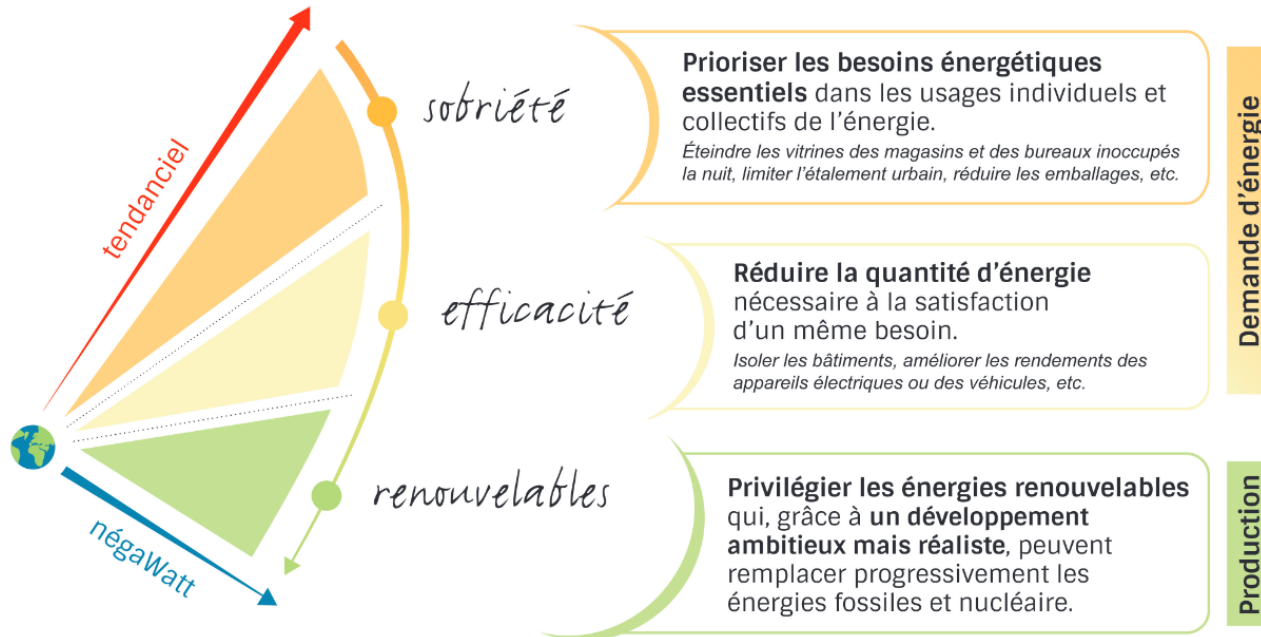
- ▶ Hulpapparatuur

ENERGIESYNERGIEËN



Soberheid

- De beste energie is degene die we niet verbruiken!



- ⇒ **Uitgangspostulaat: Een project ontwikkelen waarvoor het productieseizoen niet verlengd hoeft te worden; planten kiezen die in ons klimaat en onze streken kunnen worden verbouwd zonder toevoer van extra warmte of licht...**



Soberheid

- ▶ Teelttypes die energie vereisen
 - Dakteelten met of zonder serre
 - Indoorteelten met tuinbouwverlichting
 - Aquacultuur, aquaponics
 - Kelderteelt
 - ...

- ▶ 'Traditionele' landbouw vereist er minder of geen ...



Welk doel wordt er door de ontwikkeling van stadslandbouwprojecten nagestreefd?

- ▶ Sociaal/maatschappelijk doel en gezelligheid
- ▶ Economische activiteit



Dit zal een invloed hebben op de vereiste aanpak ...



ENERGIE-UITDAGINGEN

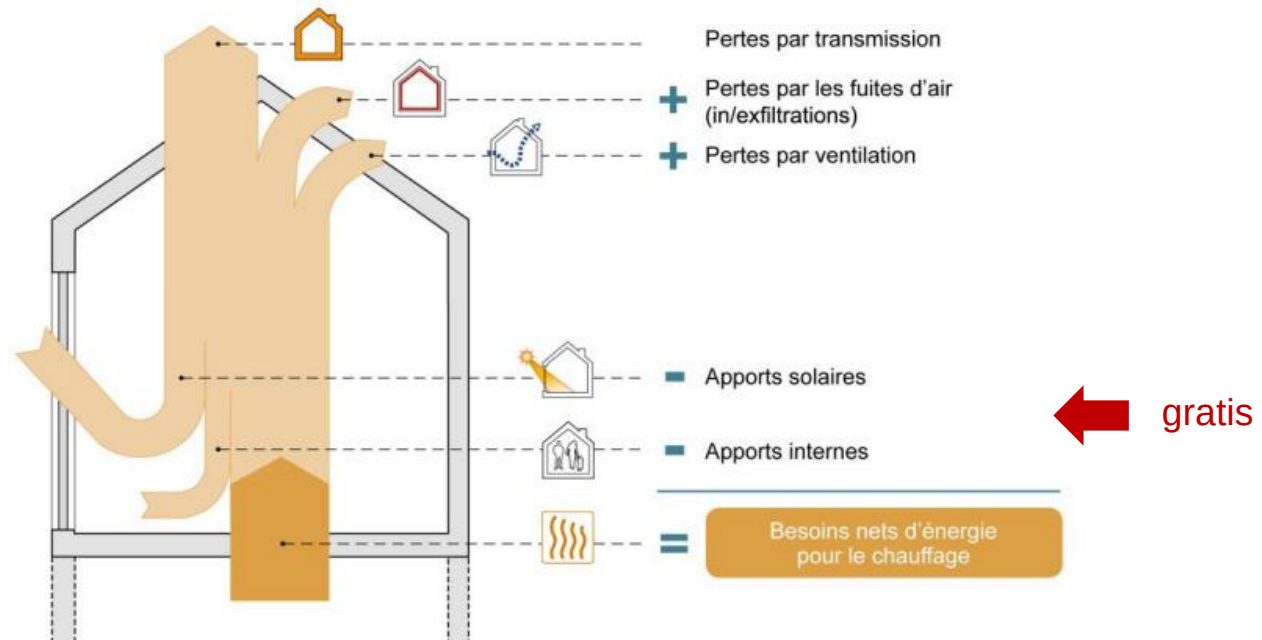
- ▶ Aanpak en ambities
- ▶ **Verwarming**
- ▶ Koeling
- ▶ Verlichting
- ▶ Hulpapparatuur

ENERGIESYNERGIEËN



Energiebalans in het stookseizoen

- ▶ De zonnewinsten en interne winsten worden beschouwd als “gratis” warmtewinsten
- ▶ In een energiebalans compenseren ze gedeeltelijk de verliezen



Bron: door het Waalse Gewest gepubliceerde EPB-gids
(Guide PEB 2021)



Doelstelling in verband met de opleiding

- ▶ De binnentemperatuur onder controle houden

Hoe?

- ▶ Passieve strategie > de interne warmtewinsten, (aandeel verlichting, plantenontwikkeling, ...) en zonnewinsten volstaan voor het handhaven van de gewenste temperatuur
- ▶ Actieve strategie > inzet van een verwarmingssysteem

⇒ **Energieverbruik**

⇒ **Belang van een doeltreffende regeling**



ENERGIE-UITDAGINGEN

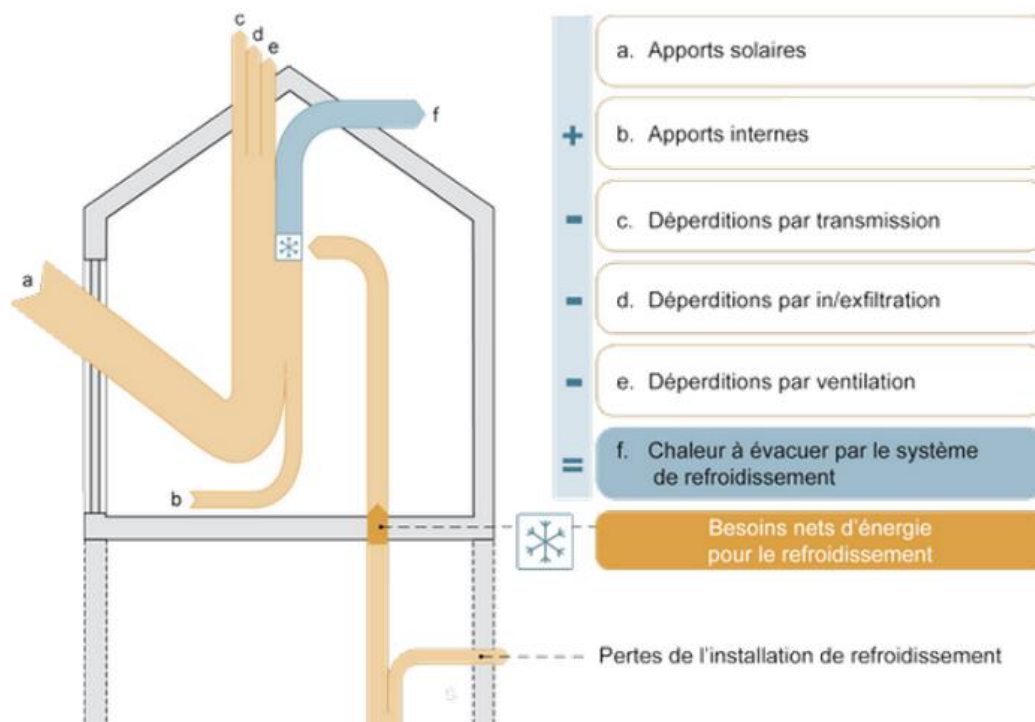
- ▶ Aanpak en ambities
- ▶ Verwarming
- ▶ **Koeling**
- ▶ Verlichting
- ▶ Hulpapparatuur

ENERGIESYNERGIEËN



Energiebalans buiten het stookseizoen

- ▶ De zonnewinsten en interne winsten worden beschouwd als “overtollige” warmtewinsten wanneer ze groter zijn dan de behoeften
- ▶ In een energiebalans worden ze gedeeltelijk gecompenseerd door de verliezen



Bron: door het Waalse Gewest gepubliceerde EPB-gids
(Guide PEB 2021)



Doelstelling in verband met de opleiding

- ▶ De binnentemperatuur onder controle houden

Wat zijn de mogelijke strategieën?

- ▶ Passieve strategieën
- ▶ Actieve strategieën

⇒ **Energieverbruik**

⇒ **Belang van een doeltreffende regeling**



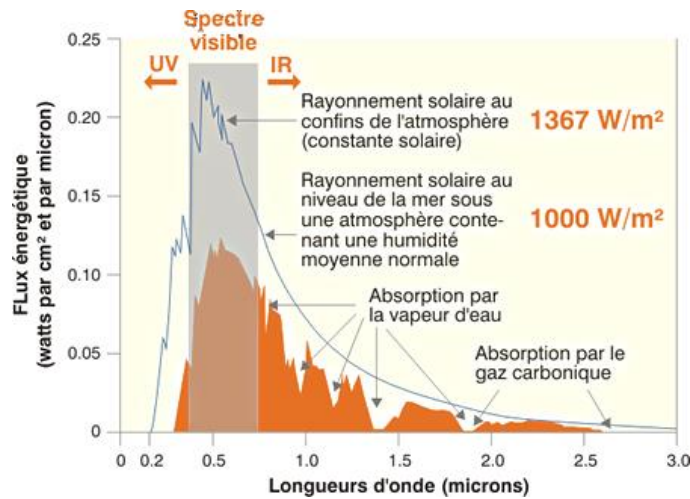
Wat zijn de mogelijke passieve strategieën?

- Beheer van de zonnewinsten > Zonnewinsten worden bij doorgang door beglaasde scheidingsconstructies omgezet in thermische lasten = broeikaseffect

⇒ Externe zonneweringen

- Aandachtspunten

- Kiezen van een moduleerbare oplossing geschikt voor alle seizoenen (mobiele/verwijderbare zonneweringen)



Bron: Energie+



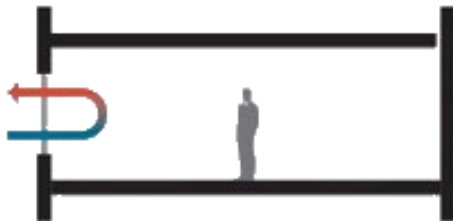
Bron: <http://www.eole-france.fr/>



Wat zijn de mogelijke passieve strategieën?

- Natuurlijke ventilatie > vervanging van warme binnenlucht door koude buitenlucht

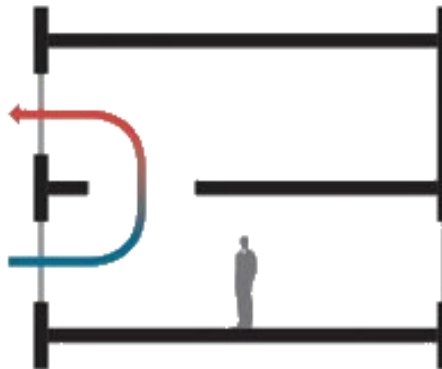
EENZIJDIGE VENTILATIE



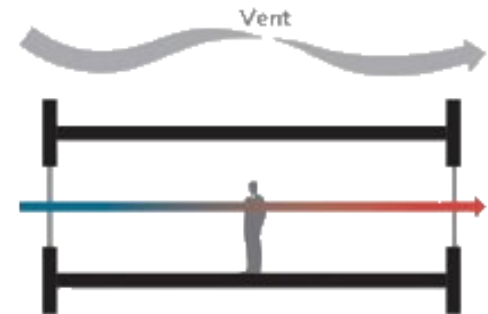
Luchtverplaatsingen door **temperatuurverschil binnen/buiten**

> **Schoorsteeneffect**

VERTICALE VENTILATIE



DWARSVENTILATIE



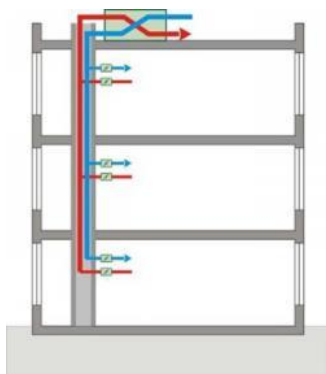
Luchtverplaatsingen door **drukverschil tussen gevels**

> **Windeffect**

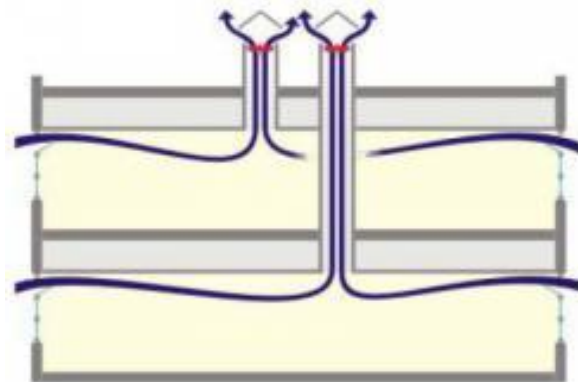


Wat zijn de mogelijke actieve strategieën?

- ▶ Mechanische ventilatie > Luchtverplaatsing door ventilatoren
- ▶ Hybride ventilatie > Luchtverplaatsing door een combinatie van natuurlijke en mechanische ventilatie, of een “mechanisch ondersteunde” natuurlijke ventilatie, wanneer de debieten onvoldoende groot zijn.
- ▶ Aandachtspunten
 - Bepaling van het vereiste debiet tijdens de zomerperiode
 - Nachtelijke ventilatie
 - Lucht afgevoerd uit het gebouw indien $<$ buitentemperatuur
 - Beperking van het gebruik van de ventilatoren



Bron: Leefmilieu Brussel

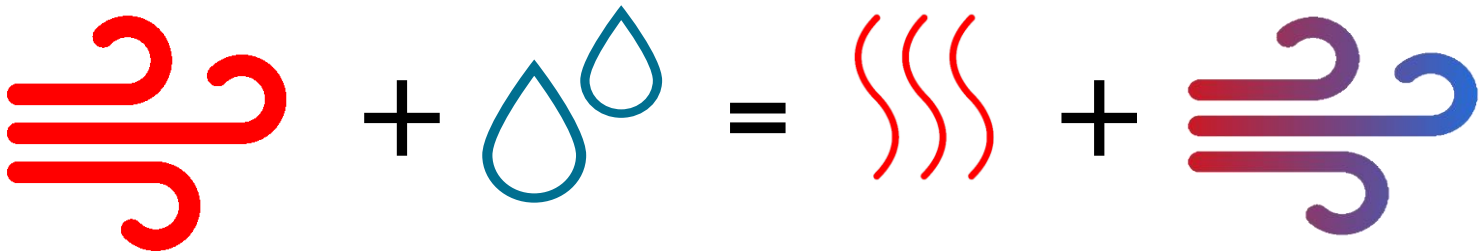


Bron: UCL



Wat zijn de mogelijke actieve strategieën?

- Adiabatische koeling is een techniek voor luchtafkoeling gebaseerd op het verdampingsprincipe > water wordt verneveld in de lucht, waarna de warmte-energie vereist voor de verdamping wordt onttrokken aan de lucht. Hierdoor koelt de lucht af



ENERGIE-UITDAGINGEN

- ▶ Aanpak en ambities
- ▶ Verwarming
- ▶ Koeling
- ▶ **Verlichting**
- ▶ Hulpapparatuur

ENERGIESYNERGIEËN



Hogedruknatriumlampen

- ▶ Nieuwe zeer efficiënte generatie
- ▶ Performante fotonstroom
- ▶ Vermogen van het verlichtingstoestel tot 1000 W
- ▶ Levensduur: 10.000 – 20.000 uren
- ▶ Elektronische regeling van het voorschakelapparaat



Bron: Gavita



Keramische metaalhalidelampen

- ▶ Goede verdeling van de fotonstroom ten opzichte van het teeltooppervlak
- ▶ Efficiënt
- ▶ Levensduur: 20.000 – 30.000 uren



Bron: www.cycloptics.com



Ledlampen

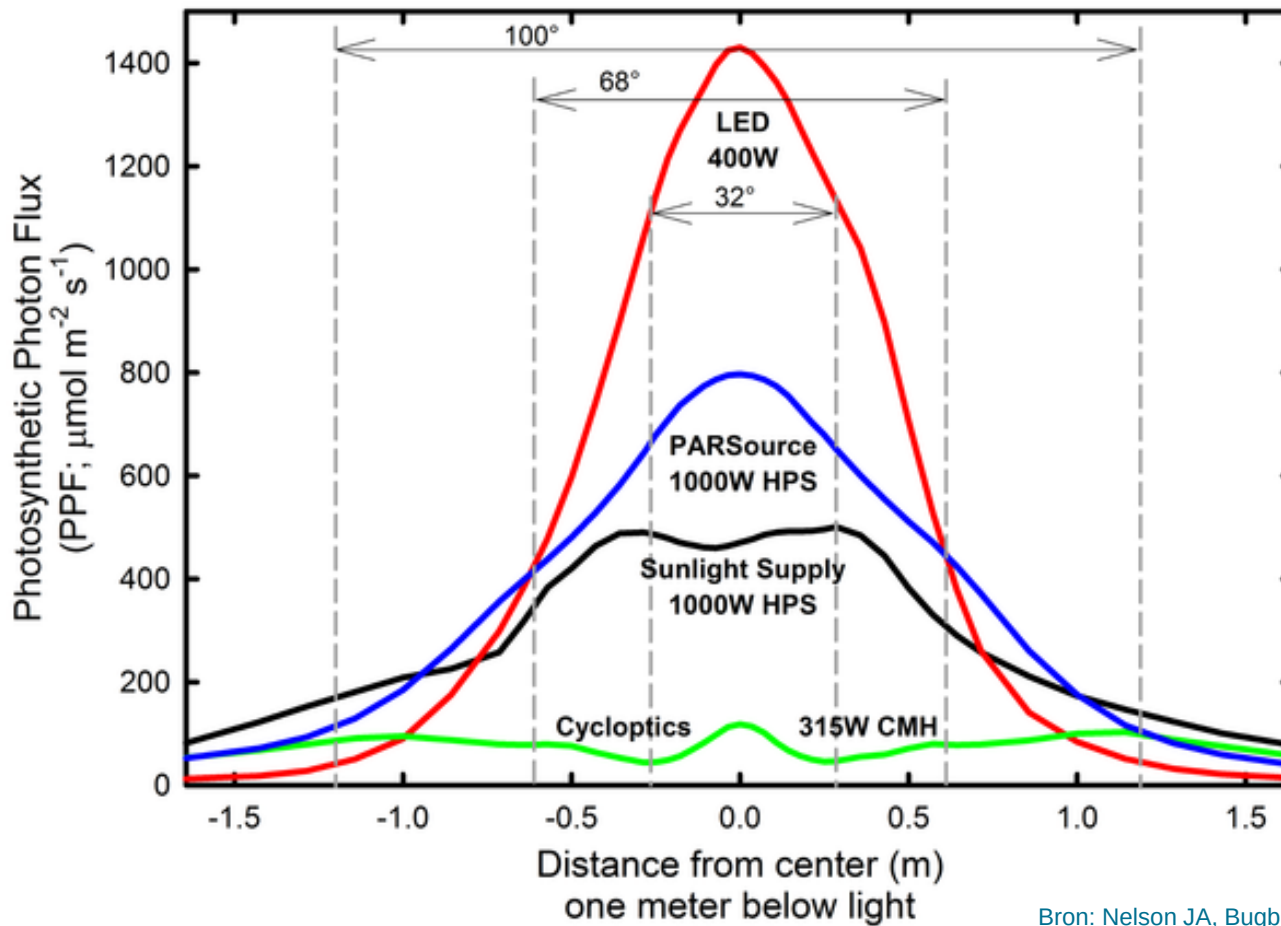
- ▶ Zeer variabele energie-efficiëntie (van zeer goed tot zeer slecht)
- ▶ Gerichte lichtbundel
- ▶ Levensduur: tot 50.000 uren (maar kan zeer kort zijn)
- ▶ Geringe warmtedissipatie
- ▶ Mogelijkheid deze lampen vlakbij de planten te installeren



Bron: LumiGrow



Vergelijking van de lichtstromen

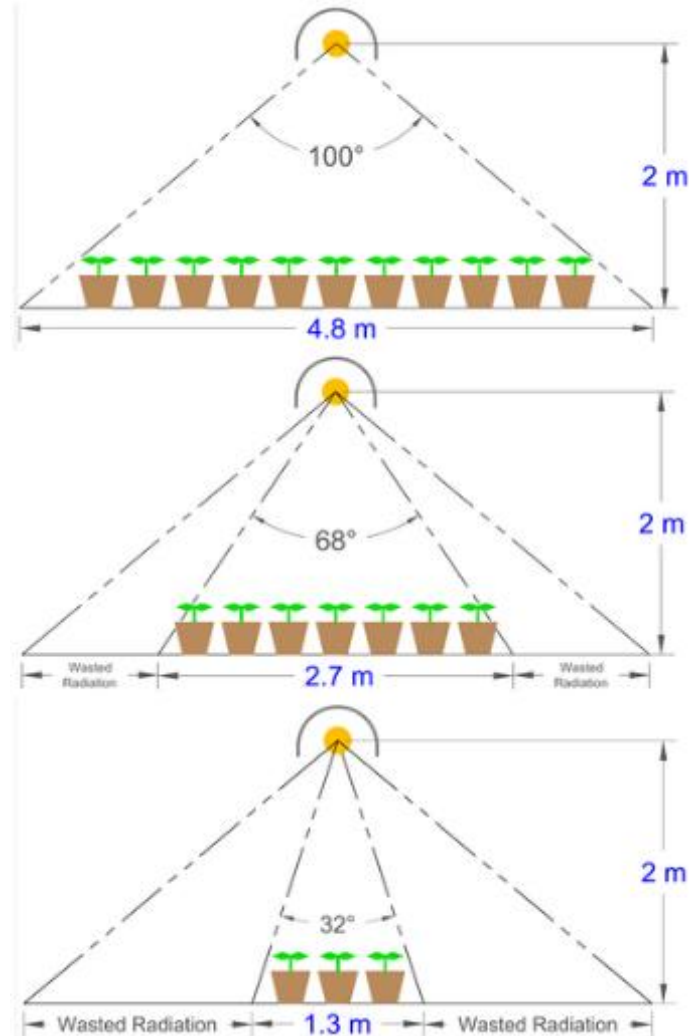


Bron: Nelson JA, Bugbee B (2014)
Economic Analysis of Greenhouse Lighting



Optimalisatie van de lichtstroom

Belang van de positionering van de verlichtings-toestellen en van de beplantingen



Bron: Nelson JA, Bugbee B (2014)
Economic Analysis of Greenhouse Lighting



Vergelijkende studie van de kosten van de verschillende technologieën

(Nelson JA, Bugbee B (2014))

- Voor 3.000 werkingsuren per jaar (uittreksel)

Lamptype	Foton-efficiëntie [μmol/s]	Kosten van de lamp [\$us]	Kosten elektriciteits-verbruik [\$us/(μmol/s).an]	Totale kosten over 5 jaar [\$us/(μmol/s).jaar]
400 W magn. Sunlight HPS	416	200	0,35	0,40
1.000 W elek. Gavita HPS	1751	500	0,19	0,23
LED (rood/blauw) LSG	653	1200	0,19	0,54
LED (rood/wit/blauw) Lumigrow 325	390	1000	0,26	0,73
Keramische metaalhalidelampen Cycloptics 315 3100K	491	640	0,23	0,46



Conclusie

- ▶ HPS-lamp van de nieuwe generatie = betere verhouding tussen efficiëntie en prijs
- ▶ LED > Variabele kwaliteit! Niet onder 120 lm/W gaan
- ▶ Alsmar vaker zijn de LED-lampen in een toestel geïntegreerd

Keuzecriteria

- ▶ Fotonefficiëntie van de lamp
- ▶ Levensduur (relamping-kosten)
- ▶ Welk gebruik, welke werkingsduur
- ▶ Type teelt en positionering van de verlichting

Aandachtspunten

- ▶ Positionering van de lampen
- ▶ CO₂-behoeften bij gebruik van de verlichting
- ▶ Aantrekkingskracht voor insecten en schadelijke dieren
- ▶ Effect van de LED-verlichting op de werknemers
- ▶ Analyse van de levenscyclus en grijze energie



ENERGIE-UITDAGINGEN

- ▶ Aanpak en ambities
- ▶ Koeling
- ▶ Verlichting
- ▶ **Hulpapparatuur**

ENERGIESYNERGIEËN



Efficiënte pompen kiezen

- ▶ Toepassing: voor aquacultuur- en aquaponicssystemen
- ▶ Aanzienlijke debieten

BIGH: 250 m³/h voor 14 kweekbekkens

Biologische filtering: bekken van 50 m³

- ▶ Optimalisatie van het hydraulische net (drukverliezen) en dimensionering van de pomp
- ▶ Gebruik van een frequentieregelaar
- ▶ Synchrone motoren: rendement in de orde van 94 % voor een vermogen van 25 kW



Bron: Leroy-Somer

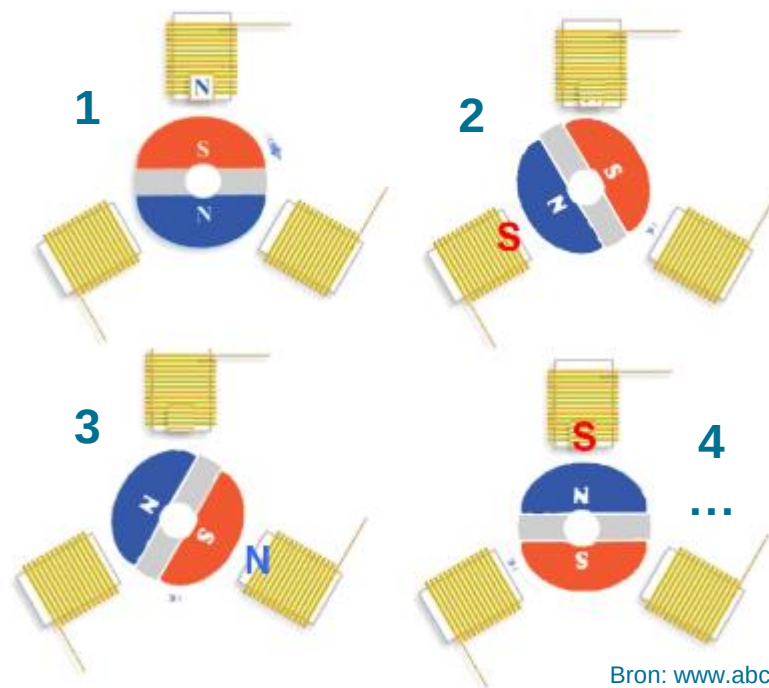


Efficiënte ventilatiesystemen kiezen

- ▶ Motor met elektronische commutatie (EC)
- ▶ Eenvoudige regeling (0-10 V-signaal)
- ▶ Energie-efficiëntie: rendement dat 30 tot 40 % hoger ligt dan dat van asynchrone motoren
- ▶ Optimalisatie van de debieten dankzij een nauwkeurige regeling (T° , CO_2 , RV)



Bron: Rosenberg



Bron: www.abcclim.net



ENERGIE-UITDAGINGEN
ENERGIESYNERGIEËN



Synergieën en korte ketens



ENERGIE-UITDAGINGEN

ENERGIESYNERGIEËN

- ▶ **Serre op het dak**
- ▶ Paddenstoelenteelt
- ▶ Wisselbouw



Waarom een serre op het dak van een gebouw installeren?

- ▶ Reductie van de verliezen op het niveau van het dak
- ▶ Benutting van de zonnewinsten
- ▶ Benutting van gratis warmtewinsten van het gebouw > thermische verliezen, afgevoerde lucht

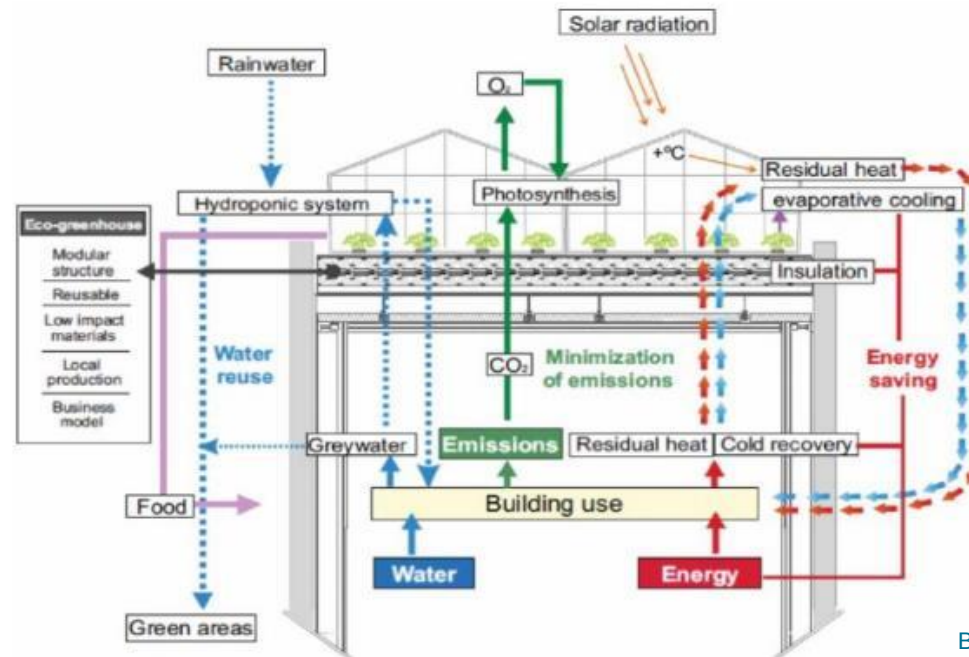


Figure 2: Conceptualization of RTEG. The illustration emphasizes the interchange of water, energy and gas (e.g., CO₂) flows between the rooftop greenhouse and the associated building.



De verwarmingsbehoeften definiëren

- ▶ Teelttypes, teeltperiodes
- ▶ Toelaatbare minimale temperatuur

Thermische balans van serre en gebouw opstellen, rekening houdend met

- ▶ de zonnewinsten
- ▶ de warmtewinsten van het gebouw (in verband met de verliezen van het dak)
- ▶ de warmtewinsten verbonden aan de warmteterugwinning uit de ventilatielucht

Bron: C. Monteil, G. Issanchou, M. Amouroux.
“Modèle énergétique de la serre agricole”



Recuperatie van de warmteverliezen van het dak

- ▶ Relevant voor een bestaand gebouw waarvan het dak niet geïsoleerd is
- ▶ Handhaving van een minimale temperatuur voor de teelt in de winter

Raming van de door het dak gedissipeerde hoeveelheid energie

- ▶ Voorbeeld
 - Gemiddelde binnentemperatuur = 19 °C
 - Gemiddelde buitentemperatuur (stookseizoen) = 4 °C
 - Stookseizoen = 5800 h

Niet-geïsoleerd plat dak met $U = 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

$$Q = 2,5 \times (19-4) \times 5.800 / 1.000 = \mathbf{217,5} \text{ kWh/m}^2$$

Geïsoleerd dak met $U = 0,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$



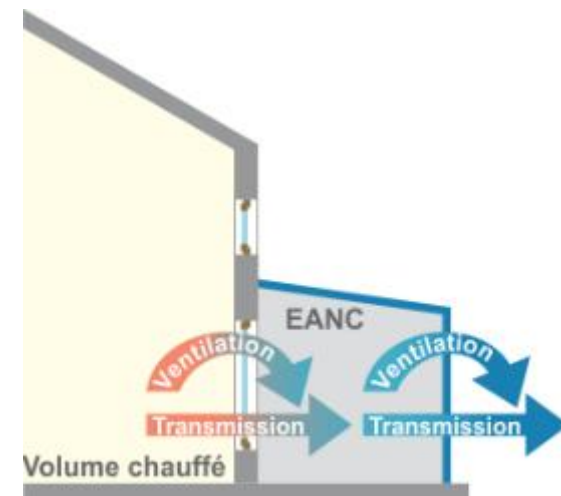
$$Q = 0,3 \times (19-4) \times 5.800 / 1.000 = \mathbf{26} \text{ kWh/m}^2$$



Berekening van de vermindering van de verliezen dankzij de serre

- ▶ Aangrenzende onverwarmde ruimte
- ▶ Bepaling van coëfficiënt b
 - Niet-geïsoleerd dak (1.000 m^2)
 - Serre uit polycarbonaat van 32 mm en 16 mm ($U_{\text{wanden}} = 1,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$; $U_{\text{dak}} = 2,5 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)

⇒ **$b = 0,75$ met luchtverversing van 3 vol/h → - 25 %**



Raming van de via het dak gerecupereerde hoeveelheid energie

- ▶ Niet-geïsoleerd dak: $Q_r = 217,5 \times 0,75 = 163 \text{ kWh/m}^2$
- ▶ Geïsoleerd dak: $Q_r = 26 \times 0,75 = 19,5 \text{ kWh/m}^2$

⇒ **Valorisatie warmteverliezen / Behoeften van de planten**



Beperking van de verwarmingsbehoeften voor de teelt

- ▶ Opslag van de zonnewinsten via de thermische inertie van de grond
- ▶ Isolatie en dichtheid van de serre
 - Bepaling van de beste verhouding tussen de thermische prestatie van de scheidingsconstructies en de zonnewinsten
 - Materiaal: polycarbonaat ($U = 2,5$ tot $1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), dubbele beglazing, ETFE (lichtheid)
- ▶ Pulsie van de uit het gebouw afgevoerde lucht in de serre (CO_2 , T° , vochtigheid)
 - Luchtbehandelingscentrale (LBC) zonder warmterecuperator
 - Bepaling van de energiewinst volgens het debiet



Correcte bepaling van het gebruik van de serre

Gebruik van de warmte voor het landbouwproject

VS

**Recuperatie van de warmte van de serre voor het
gebouw**





Voorbeeld: symbioseproject in Nantes (Frankrijk)

- ▶ Installatie van een serre op het dak van een bestaand woongebouw
- ▶ 24 woningen → 400 m² serre
- ▶ Bedekking uit polycarbonaat en wanden uit enkele beglazing
- ▶ Collectief gebruik (a priori geen commerciële tuinbouwactiviteit)
- ▶ Gebruik van de aan de lucht van de serre onttrokken warmte voor de SWW-productie via een WP



Bron: Symbioseproject





Voorbeeld: symbioseproject in Nantes (Frankrijk)

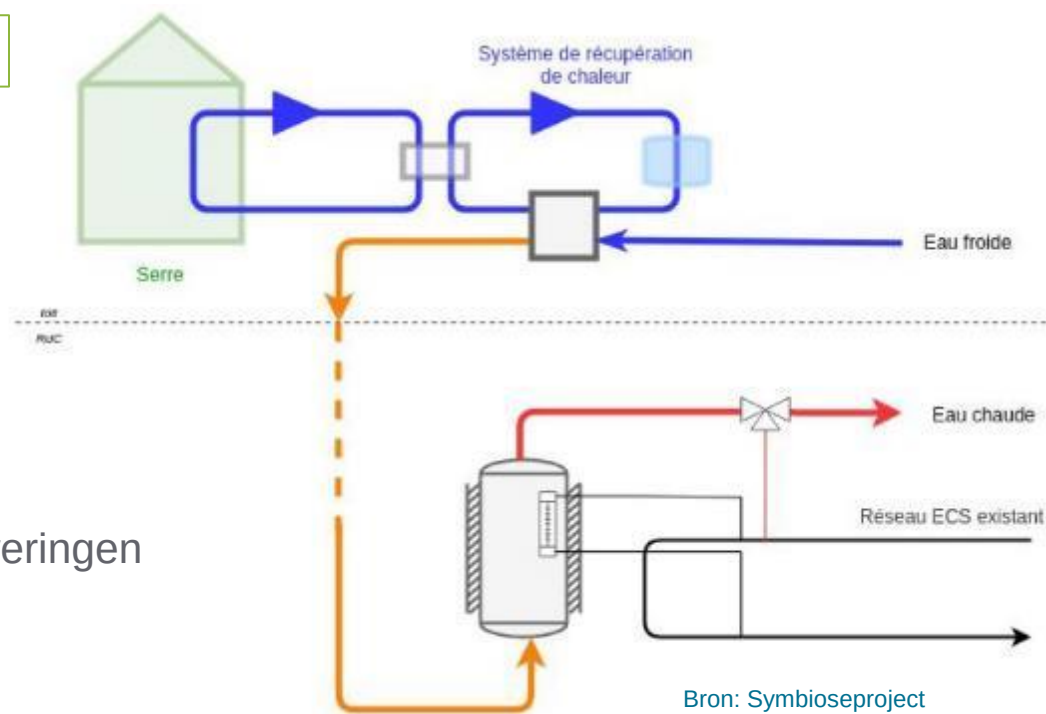
- ▶ Energierecuperatie geraamd op 250 kWh/m².jaar
- ▶ Balans tussen klimaat in de serre en energierecuperatie
- ▶ Doelstellingen: 80 % van de SWW-behoeften en 20 % van de verwarmingsbehoeften

Meteorologische
gegevens

Monitoring

**Regeling met
voorspellingstool (48 uur)
waardoor de energieproductie
op basis van de serre kan
worden geraamd.**

- ▶ Openende delen / zonneweringen
- ▶ Ventilatie
- ▶ Werking WP / opslag



ENERGIE-UITDAGINGEN

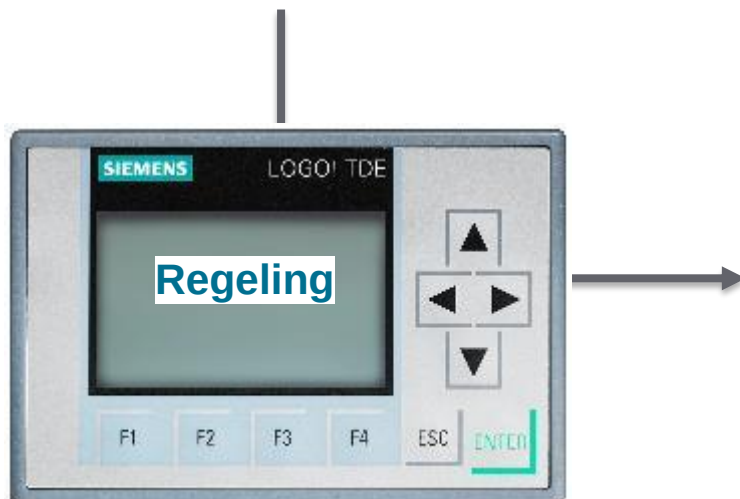
ENERGIESYNERGIEËN

- Serre op het dak
- **Paddenstoelenteelt**
- Wisselbouw



Teeltvoorwaarden

- ▶ Temperatuur van 12 tot 16 °C
- ▶ Relatieve vochtigheid van 75 tot 95 %
- ▶ Ventilatie met variabel debiet
- ▶ Controle van het CO₂-gehalte

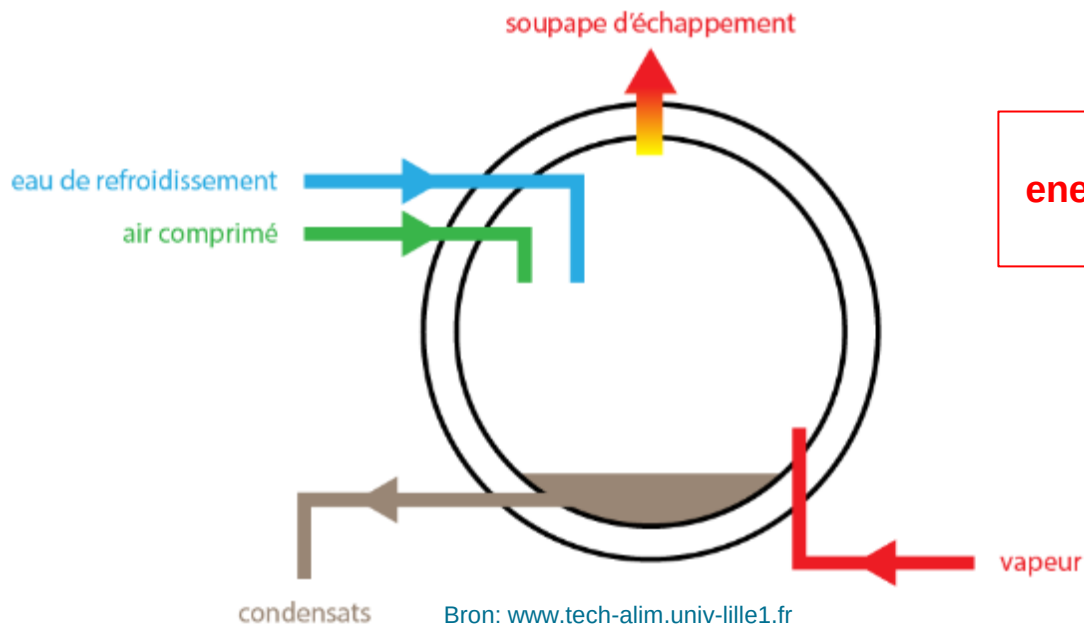


Bron: Siemens



Proces

- Realisatie van het substraat
- Pasteurisatie: van 60 tot 95 °C
- Inoculatie (inzaaien)
- Incubatie: 20 tot 25 °C gedurende 2 weken
- Vruchtvorming: keldertemperatuur + controle van vochtigheid en CO₂



**Werking van een autoclaaf:
energiebehoefte voor de pasteurisatie
met stoom**



Synergie mogelijk tussen de verschillende fasen van het proces

- ▶ Koudeproductie voor de handhaving van de teeltvoorwaarden
- ▶ Warmte gerecupereerd van de koelmachine
 - Voor de pasteurisatie
 - Voor de incubatie



Bron: www.nowaste.be



Bron: www.permafungi.be



ENERGIE-UITDAGINGEN

ENERGIESYNERGIEËN

- Serre op het dak
- Paddenstoelenteelt
- **Wisselbouw**



Wisselbouw in het gebouw

- ▶ Serreteelt (dak) van maart tot november
- ▶ Kelderteelt van november tot maart (paddenstoelen, witloof,...)
- ▶ Gebruik van de incubatieruimte voor de teelt van microgroenten (microscheuten) onder kunstlicht (ECLO)
- ▶ In de winter: warmterecuperatie uit de serre voor het gebouw



Bron: www.permafungi.be



Bron: www.biologie.ens-lyon.fr



Bron: www.eclo.be





- ▶ De voor stadslandbouw bestemde infrastructuur moet worden ontworpen volgens het teeltplan en volgens het type gebouw waarbij het project hoort
- ▶ Maar volgens de logica van rationeel energiegebruik of van de beperking van de milieu-impact kan niet alles 'toegelaten' worden > Het is belangrijk de balans op te maken van de uitdagingen op sociaal en energievlak (of de uitdagingen verbonden aan het waterbeheer, de biodiversiteit, enz.)
- ▶ Er zijn tal van mogelijkheden voor synergieën
- ▶ Langetermijnvisie: onderhoud, energieverbruik, synergieën ontwikkeld met het gebouw (akkoord gebouweigenaar <> landbouwoperator)





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema Stedelijke landbouw
Dossier I Integratie van de stadslandbouw
Voorziening I Serres



Websites

- ▶ GROOF - Greenhouses to Reduce CO2 on Roofs
<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/groof/>



Artikels

- ▶ Cerón-Palma et al. (2012)
Barriers and Opportunities Regarding the Implementation of Rooftop Eco.Greenhouses (RTEG) in Mediterranean Cities of Europe
- ▶ Ademe (2017)
Agriculture urbaine, quels enjeux de durabilité
www.ademe.fr/mediatheque



Muriel BRANDT

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

DANK U VOOR UW AANDACHT

