

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



### Forord

Denne rapport er støttet af midler fra Energistyrelsens pulje til "lokale energifællesskaber og lokal forankring af klimaomstilling".

Rapporten er en slutrapport for projektets første planlægning, etablering og organisering. I tråd med formålet for puljen kan rapporten bruges som inspirationseksempel for samme type projekter, der gennemføres med henblik: udvikling og anvendelse af løsninger, der omfatter produktion, levering, forbrug, deling af elektricitet, varme eller køling, aggregering, energilagring, fleksibilitets- og energieffektivitet.

Projektet er inspireret af solcelleoverdækkede parkeringsarealer ved andre lufthavne, i stedet for solceller på grønne dyrkningsarealer. Projektets resultater i slutrapporten indeholder analyser af økonomi, klima- og areal effektivitet. Delresultater er brugt som grundlag for forskningsartikler på to globale konferencer for energi, og videreformidling på digitale netværk.

Den samlede klimareduktion fra scenarie PV2 (overdækning af parkering) er 9,7 tons CO<sub>2</sub> eq. årligt. Klimareduktion for scenarie med solceller på giver en klimareduktion på 10,9 CO<sub>2</sub> eq. og et samlet scenarie med solceller på parkering og tag resulterer i en klimareduktion på 25,6 CO<sub>2</sub> eq. tons årligt.

## Indhold

1 Etablering af energifællesskab organisation – Scenarier for business case.....	4
Økonomisk overslag for CLT konstruktion .....	5
Fordeling af solceller PV2 og PV Tag.....	7
Mængde model .....	7
3D modul .....	12
2 Kortlægning af parametre: forbrug .....	19
3 Kortlægning af parametre: Areal, orientering, hældning, Sol, Skygge og PV Cost Benefit scenarie .....	22
Business case 1 .....	29
Business case PV2 med lade stander.....	30
Business case PV1+PV2 med lade standere .....	36
Model materiale for klimaberegning.....	38
4 Digital 3D Model og visualisering af PV skov struktur og grafisk informationsmateriale .....	41
5 Total økonomisk analyse LCC Investering, service og vedligeholdelsesudgifter over levetid, forsyning (produktionspris kWh grøn el og kost pris El net Danmark).....	45
Beskrivelse af simpel økonomisk model og dynamisk model .....	46
Resultater.....	48
Dashboards.....	49
Scenarier med P afgift.....	51
Målsætninger .....	55
Resultater.....	55
Forudsætninger .....	56
Miljøpåvirkning – Fremskrivning 2025 .....	56
Scenarie resultater.....	62
6 Klimaeffekt analyse materialer LCA (A1-A3) + (C2-C4) + D.....	65
Dashboard Resultater alternativer.....	79
Perspektivering klima og areal effektivitet .....	81
Redegørelse: Beskrivelse af hvordan projektet opfylder delformålene .....	86
Delformål 1: Fyrtårnsprojekter, der kan vise, hvordan energifællesskaber kan inkluderes i projekter, der kan give besparelser for og aflaste det kollektive el-, varme eller køleforsyningsnet eller understøtte en omlægning fra fossil varme- eller køleforsyning til en forsyning baseret på vedvarende energi. ....	86
Inspirations-/planlægningsprojekt (produktion/levering/forbrug/deling/lagring/fleksibilitet/effektivitet) .....	86
Delformål 2: Klima-, miljø-, økonomiske og/eller sociale fællesskabsfordele ved projekter, der indeholder energifællesskaber .....	87
Delformål 3: Dokumentation af fleksibilitet/effektivitet og bidrag til aflastning for det kollektive elforsyningsnet til en forsyning baseret på vedvarende energi.....	89

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

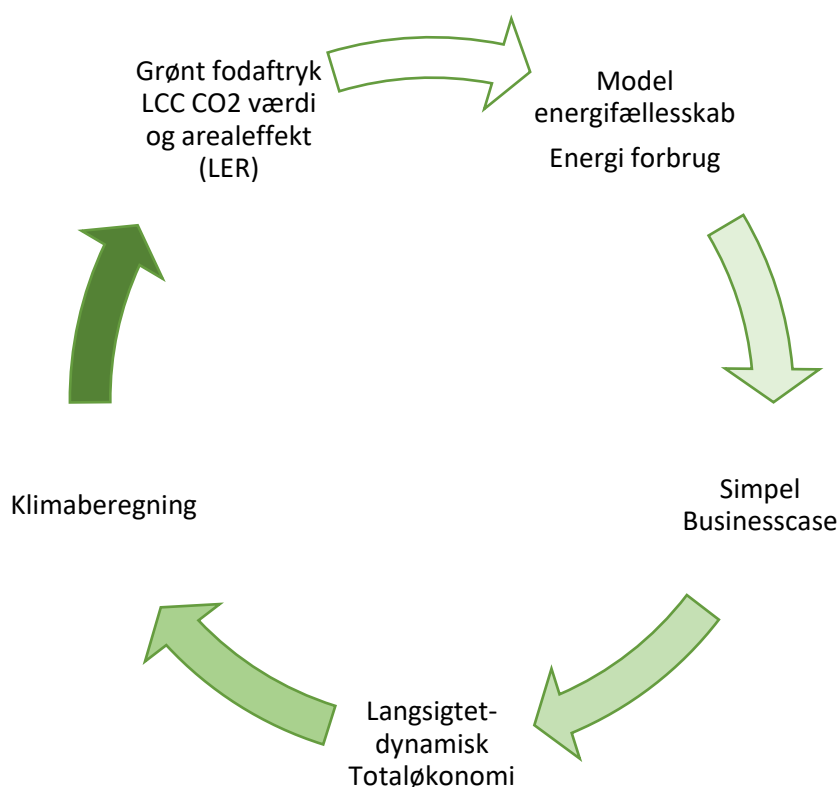
Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Delformål 4: Samarbejde mellem et energifællesskab og minimum en anden aktør som f.eks. en af de i stk. 3 nævnte aktører med henblik på udvikling og anvendelse af deling af elektricitet, varme eller køling. ....	89
Delformål 5: Aggregering ift. regulerbar forbrug/produktion .....	90
Delformål 6: Fleksibilitet i elforbrug og elproduktion (samarbejde med energifællesskab) .....	91
Delformål 7: Lokal opbakning og tilknytning til klimaomstilling.....	92
Aktivitetspakke 5 Resultatbeskrivelse: Total økonomisk analyse LCC Investering, service og vedligeholdelsesudgifter over levetid, forsyning (produktionspris kWh grøn el og kost pris El net Danmark) .....	93
Konklusion .....	95

## 1 Etablering af energifællesskab organisation – Scenarier for business case.

Til at udføre økonomiske beregning af et energifællesskab med deltagelse af Aarhus Lufthavn, ligger der en grundlæggende antagelse af, at det er økonomisk bæredygtigt at etablere lokal produktion af grøn strøm på en bærende konstruktion, der samtidig kan overdække parkeringsarealer.

Antagelsen er også at der ud over en økonomisk fordel, vil være en klimareduktion ved lokal produktion af strøm, der dækker et strømforbrug. Herudover fortrænger solcellearealer, der etableres på parkeringsarealer eller Parking Photo Voltaic paneler (PPV) et behov for alternativt at etablere strømproduktion med PV på marker, Agricultural Photo Voltaic Paneler (APV). Det er således hypotesen at overdækning af parkeringsarealer med solceller er en arealeffektiv bæredygtig by- energistruktur, der kan sikre en fremtidig ren energikilde.



Figur 1 Afdækning af beslutningsgrundlag for Energifællesskab, Processen kan ses som et cirkulært forløb hvor energifællesskabet moduleres med forskellige elementer og økonomiske beregninger udføres step vist.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Målet med denne rapport er at afdække beslutningsgrundlag for at etablere et Energifællesskab i form af PPV på et parkeringsareal. Der benyttes et eksisterende parkeringsareal ved Århus Lufthavn og Lufthavnens strøm-energiforbrugsdata som case.



Figur 2 Aarhus Lufthavn AAR, råder over 2 større parkeringsarealer. Projektet undersøgte først etablering af PPV på arealet direkte foran lufthavnen benævnt P1. I forløbet blev det af AAR besluttet at P1 ikke er til disposition PT. Parkeringsarealet P2 er i forløbet blevet etableret og kan benyttes som model for økonomiske beregninger. Lufthavnen råder over en række bygninger hvor tagflader også kan supplere en strømproduktion med PV på tag.

## Økonomisk overslag for CLT konstruktion

Modellen for en økonomisk beregning består af følgende del elementer:

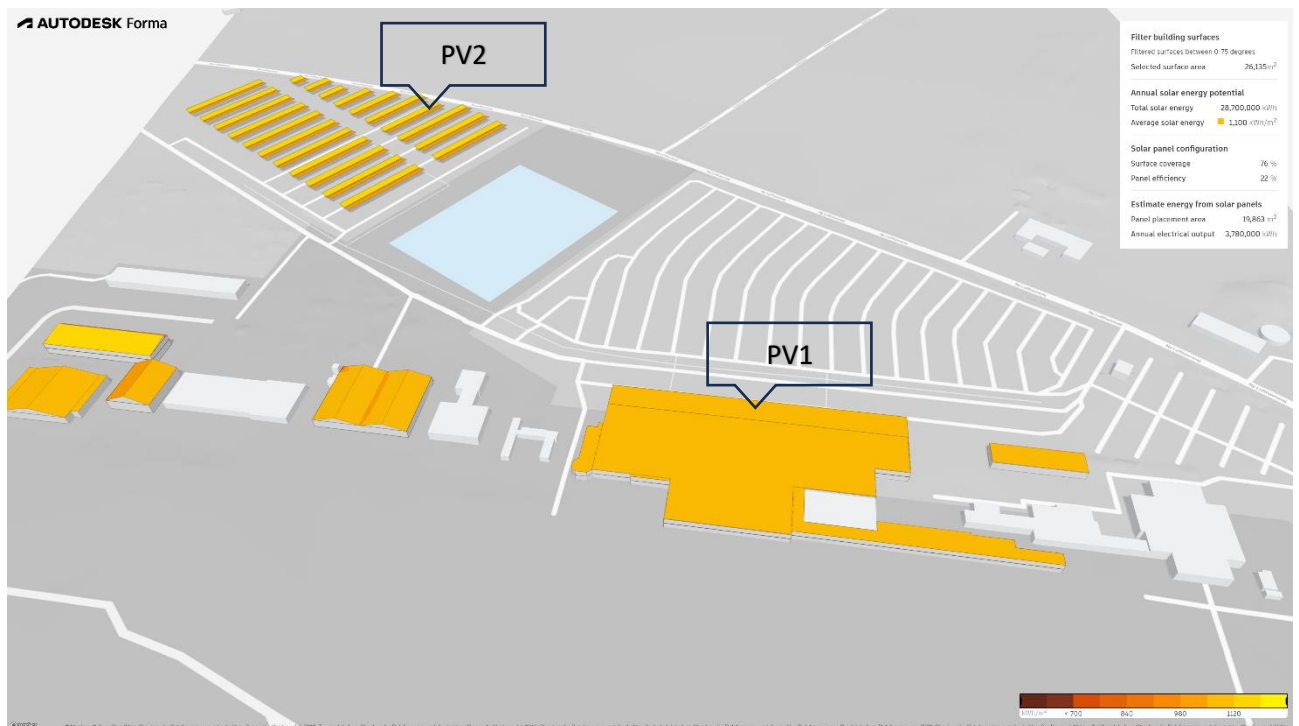
## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

1. PPV, solceller på et parkeringsareal båret af en trækonstruktion.
2. RPV, solceller på tagflader.
3. Batteri der øger mulighed for direkte dækning.
4. Parkering der overdækkes, giver grundlag for et P. gebyr.
5. Parkering med ladere, til ladning af lufthavnens køretøjer og rejsende, der øger mulighed for direkte dækning (e-mobilitet).

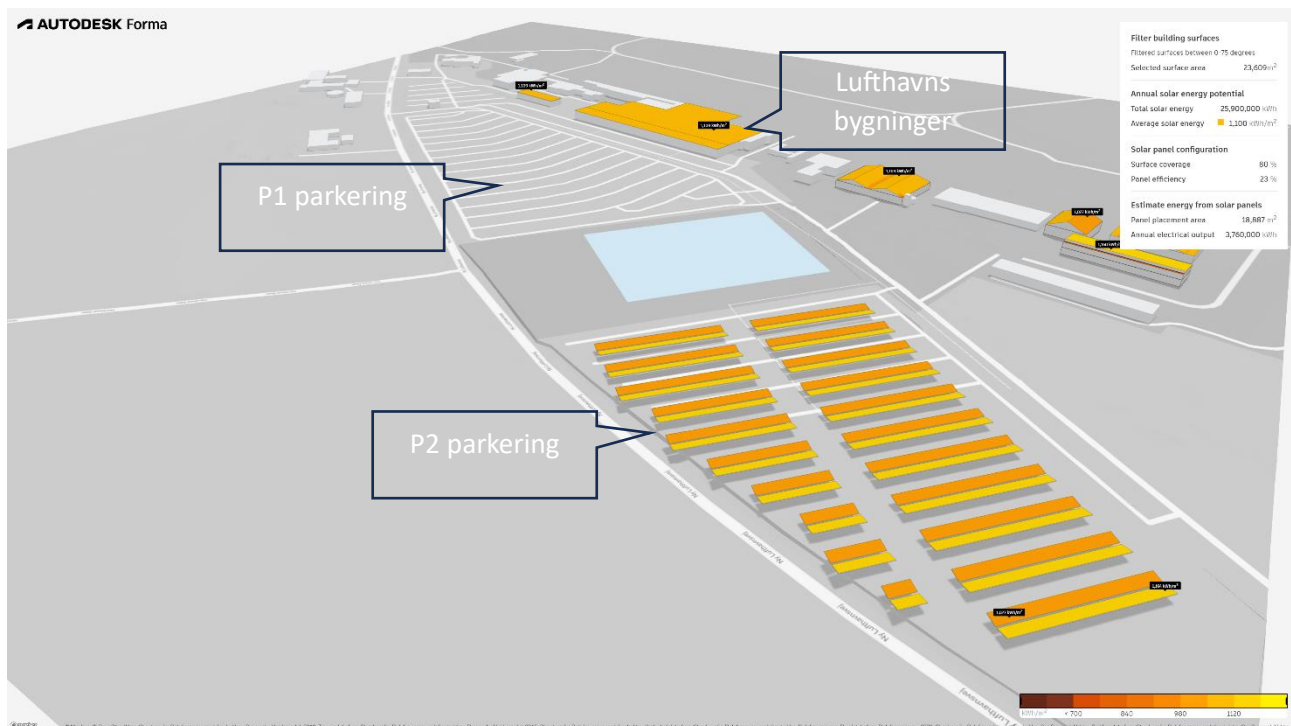
Et økonomisk scenarie kan derfor underdeles modulært og bestå af elementer – der supplerer hinanden, og kan etableres i faser. De enkelte elementer undersøges enkeltvist og som samlet løsningsmodel.

- PV1 Scenarie, består af et ca. 1,8 MWh PV anlæg på tag, supleret med et 300 kW batteri.
- PV2 Scenarie, består af et ca 1,9 MWh PV anlæg på CLT struktur på parkingsareal P2 med ladere.
- PV1+PV2 Scenarie, består således af et samlet PV anlæg med en produktionskapacitet på simuleret 3,78 MWh.



Figur 3 Luftperspektiv af AAR 3D oversigts model. Lufthavnsbygninger der er vist simuleret, er eksempler på tagflader der er benyttet til simulering i en 3D model, kalibreret efter beregning af et konkret PV1 tag scenarie. PPV struktur over parkeringsareal P2 – benævnes PV2 scenarie og er vist øverst tv. I den samlede 3D oversigts model. Resultat af energi produktion er kalibreret efter 2 beregnede scenarier. De viste resultater afhænger af en række parametre og skal således ses som afrundede værdier.

### Fordeling af solceller PV2 og PV Tag



Figur 4 Oversigt Lufthavn Energimodel. P1 arealet fravælges pga. strategiske investerings overvejelser der ikke er endeligt truffet. P1 og P2 arealet består en række modstillede parkeringsfelter. En modulær overdækning skal således kunne overdække en dobbelt parkering og opdeles i mindre moduler. P2 parkerings arealet vælges som økonomisk case. Dette areal udmærker sig ved at have dobbelt parkering der ikke buer – men varierer i længde. PPV strukturen skal kunne overdække en dobbelt parkering og et rabat felt imellem på 1,5 m, samt opføres i forskellige længder modulært. Parkeringsarealet P2 er etableret. Fundering og CLT-struktur skal derfor kunne indpasses i et etableret parkeringsgrid med så få re-etablerings omkostninger som muligt.

### Mængde model

En model for overdækning designs, så den kan udføres i CLT eller limtræs elementer. Det er muligt at udføre konstruktionen som et element der krager ud uden at have en understøtning ved parkeringsbåsens indkørselsretning. Understøtninger vil kunne gøre konstruktionen slankere, men vil være et element der besværliggør fleksibel udnyttelse af parkeringsbåsen, da en understøtning imellem to båse vil være til gene for udstigning og fleksibilitet ved forskellige køretøjs bredder.

Designet følger en symmetrisk udkræning, som et træ der bærer grene og en bladoverflade til fotosyntese – i dette tilfælde et PV-panel felt.

Udkrægende træelementer kan afhængigt af højde og dimension bære forskellige laster. Designdimensioner er i dette tilfælde groft anslået, ikke endeligt dimensioneret for at kunne danne grundlag for et økonomisk overslag.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



*Figur 5 Bærende træstruktur i CLT elementer, præfabrikeres hos producenten ud fra store CLT elementer, der fra producentens side udskæres af CNC maskiner og leveres efter "Just-in-time" princippet. Designet er tilpasset et CLT elements mål, så der kan udskæres flest mulige af et element og spildmateriale reduceres.*

Ovenpå bærende CLT-rammer lægges limtræsribber, der benyttes direkte til montage af PV-paneler. PV-paneler monteres med tætningsprofiler og danner en regntæt overflade så et tagfladeelement kan undværes.

Til at bære last og moment fra udkrugning etableres skruefundamenter. Hvert CLT-element modstilles og forankres til to skruefundamenter hver, der optager henholdsvis tryk og træklast. Mellem skruefundament og CLT-element udformes stålkonsol fræset ind i CLT element.

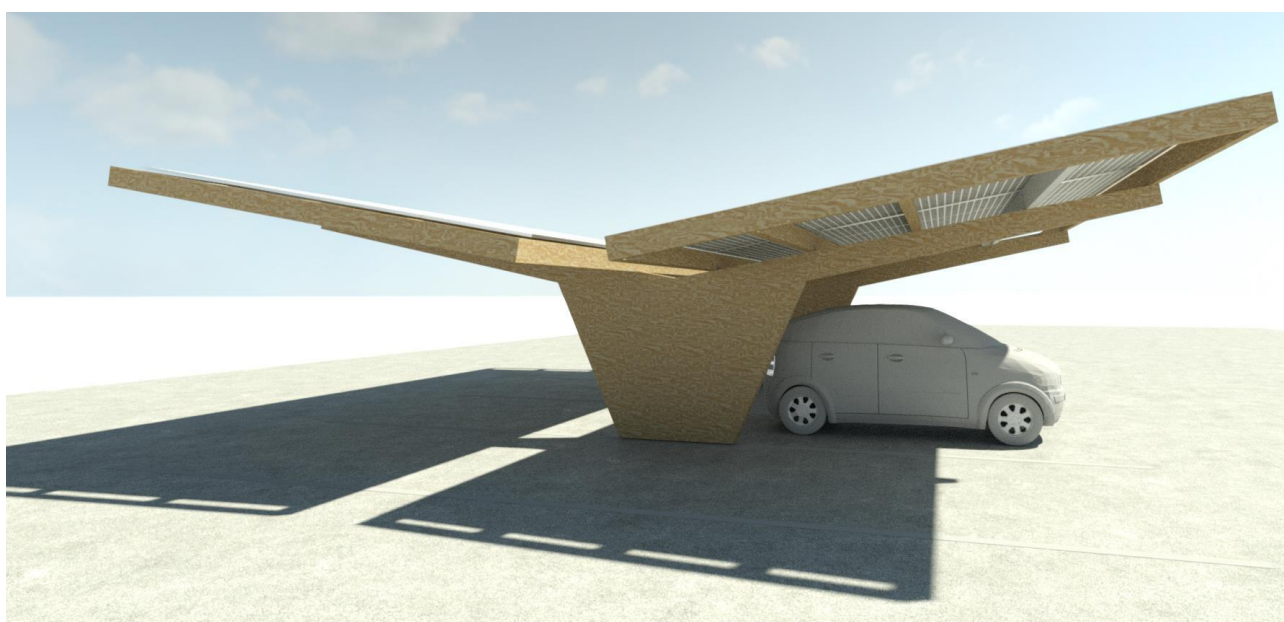
Dobbeltstrukturen overdækker på hver side 4 parkerings båse af 2,5x5,0 m – dvs. 8 P. felter i alt, der hver måler 10m x 5m med 1,5 m rabat imellem. Da PV-arealet ikke overdækker rabatten er det muligt at etablere grøn nedsivnings areal her, eller inddrage arealet som delvist befæstet areal.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Model for økonomisk overslag af materiale, dimensionering, transport og montage ex. moms:

1. PV paneler af typen Leapton højt ydende 630 Wp og invertere. Paneler der kan produceres med et mindre tillæg i panelstørrelser der passer til parkeringsgrid og montageprofiler.
2. CLT-konstruktion, bestående af bærende primære elementer til modul, der overdækker otte P. felter, bærende sekundær ribbe-rammestruktur der benyttes til montage og fastholdelse af PV-paneler. Medtaget er stålbeslag til montage af CLT-elementer på skruefundamenter.
3. Skruefundamenter anslået til 2 stk pr. CLT-element, 4 stk 200 kN skruefundament til tryk og træk i alt pr. modul.
4. Efter simulering af økonomi blev det synligt, at der er energipotentiale til at dække ladning af elbiler og køretøjer. Der er anslået et omfang i første omgang svarende til to dobbelt ladere pr. modul så 50% kan tilkobles. Med infrastruktur, der giver mulighed for 100% dækning med lader kapacitet.



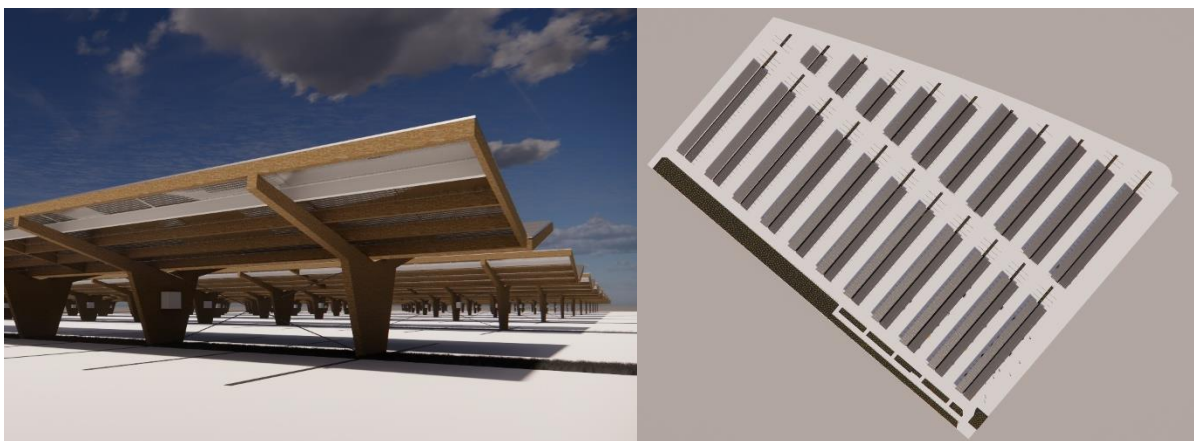
Figur 6 Tidlig design model, anvendt som grundlag for materiale overslag.

Tabel 1 Oversigt over investerings kostpriser for et modul til P2 parkeringsarealet ex. moms. Arealet er opdelt i Parkerings moduler på 8 P felter pr. modul. Prisoverslag er udført ud fra en mængde på 106 moduler – i alt 106 moduler a' 8 P felter = 848 overdækkede P. felter. Prissætningen er således i forhold til den fulde mængde på P2.

Scenarie	Investering Solceller Overdækning pr. modul	Investering CLT pr. modul	Investering fundament pr. modul	Investering ladestandere 2 dobbelt pr. modul	<b>INVESTERING pr. modul</b>
2 (PV2 Parkerings overdækning): Solceller + 212 ladestandere	59.317 kr.	117.169 kr.	36.360 kr.	29.000 kr.	<b>241.846 kr.</b>

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

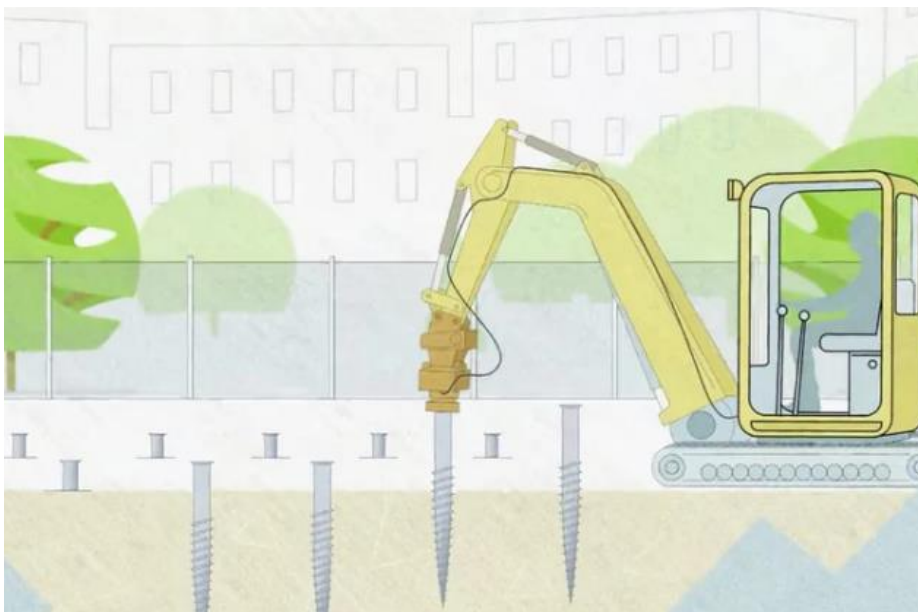
Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 7 Modul størrelsen er justeret til brandmæssige præaccepterede løsninger iht. bygningsreglement for sekundær bebyggelse hvor der ikke er særskilt krav til tagmateriale. Der kan overdækkes op til 600 m<sup>2</sup> i en sone. Hvert modul overdækker 8 parkeringsfelter á 12,5 m<sup>2</sup>, i alt 100 m<sup>2</sup>pr. modul. Et sammenhængende overdækket areal kan således bestå af max. 6 moduler hvorefter der antages en brandfriholdelses afstand på 5 m til næste overdæknings modul/skel. Højden kan øges hvis afstand til skel kan øges. Det samlede anlæg består af 106 moduler.

De eksisterende parkeringsfelter bibeholdes og afdækkes i forhold til alm. gældende præaccepterede regler for sekundær bebyggelse.

En sammenhængende modulrække vindafstives i et felt med et vindkryds i stålrundprofil. Pr. modul monteres 2 dobbelt lade standere.



Figur 8 Skruerfundament antages at kunne udføres med 2 stk 200 kN skruefundament f.eks som monteres direkte.

PV-paneler er store paneler som LEAPTON monokrystalinske 630 Wp paneler. Paneler monteres med gummiprofil i mellem på CLT-træ sekundær konstruktion. En vinkel på 10 grader muliggør at paneloverflader har en selvrensende effekt. Vinklen mod øst og vest, fordeler samtidig energiproduktionen ud over dagen så der kan opnås en større grad af 1:1 dækning af elforbruget.

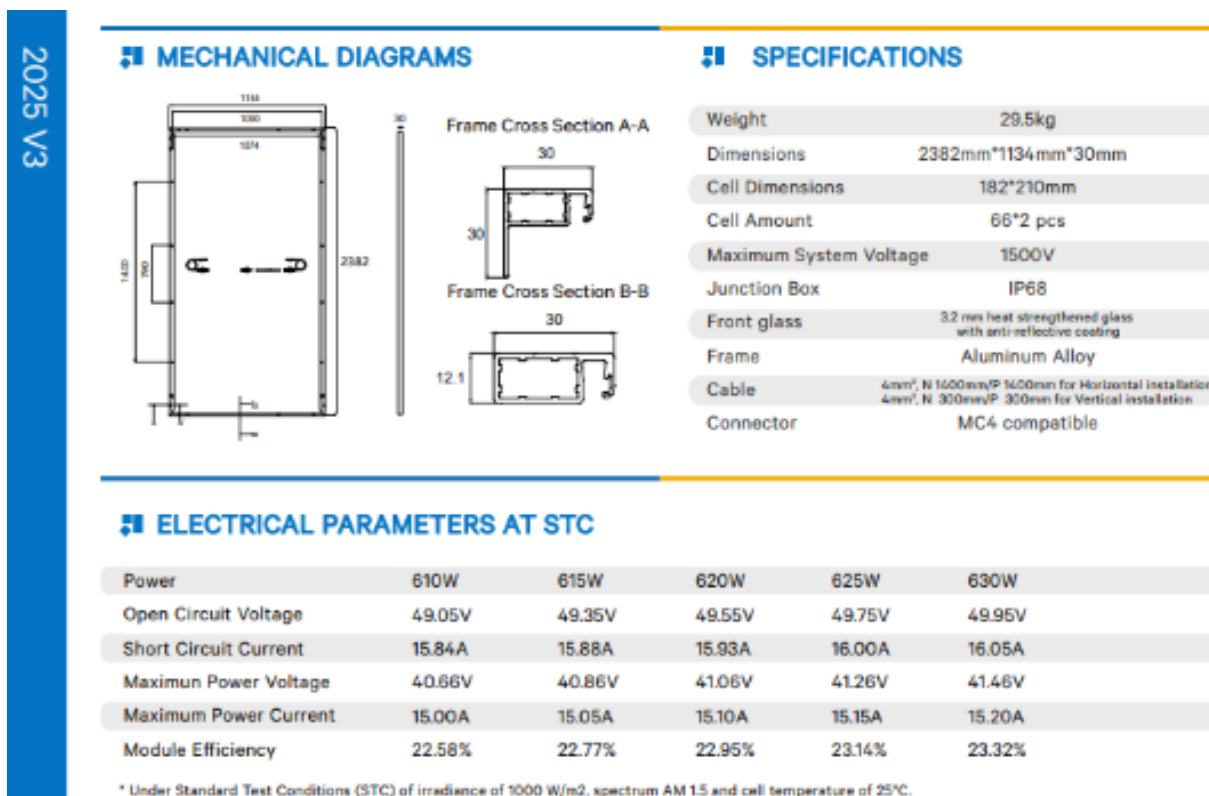
## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Til beregning af energiproduktion benytter firmaet Dansolar et beregningssoftware, der er udarbejdet specifik til LEAPTON PV paneler. Beregningen er efterprøvet i et andet software med samme grundlæggende

PV data for orientering, ydelses effekt STC, Panel effektivitet og Inverter effektivitet. Da overdækningen består af to hældninger opdeles testberegning i to halvdele hver med den konkrete orientering og hældning.

Beregning af PV2 panelers energiproduktion med orientering 130,5 og 310,5 grader fra nord, kommer frem til samme resultat efter kalibrering af areal dæknings faktor. Da software kan benytte forskellige klima data er det ikke usædvanligt, at der er et vist udsving i resultaterne mellem forskellige softwares klima data og grad a simuleringdetaljer. I dette tilfælde er der benyttet samme projektspecifikke effektivitets inddata for panel- og inverter effektivitet.



Figur 9 LEAPTON 630 Wp N-type PV panel der benyttes til energi simulering og økonomisk overslag. Moduleffektivitet er over 23%. Paneler er industrielt standardtype og opnår derved en fordelagtig stykpris. Monokrystalinske celler er robuste i forhold til energiproduktion ved forskellige temperaturer og solpåvirkning – der er karakteristisk for et dansk klima. De er industrielt masseproduceret og opnår et ensartet afdæmpet harmonisk farvespil.

2 (PV2 Parkerings overdækning): Solceller + 212 ladestandere	1.936.313
PVWatts resultat 310,5 grader orientering	910.801

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

PVWatts resultat 130,5 grader orientering	1.025.512
PVWatts resultat	1.936.313
kalibreringsfaktor	1,0000

Table 2 Oversigt over kalibreringstest af energi beregning i kWh af PPV anlæg til P2 parkering. Overdækningen er beregnet i særskilt software til samlet 1.936.313 kWh produktion årligt. Beregnings chek i et andet software PVWatts hvor de 2 orienteringer, dvs. hver halvdel af et modul beregnes hver for sig. Samlet set giver beregningen samme resultat.

PVWatts Calculator RESULTS			PVWatts Calculator RESULTS			
1 025 512 kWh/Year*			010 801 kWh/Year*			
	(kWh / m <sup>2</sup> / day)	(kWh)		(kWh / m <sup>2</sup> / day)	(kWh)	
January	0,31	8,504	January	0,21	5,121	
February	0,89	25,610	February	0,69	18,350	
March	2,29	74,992	March	1,84	58,246	
April	4,41	138,947	April	3,81	118,940	
May	5,26	167,702	May	4,94	157,238	
June	5,70	172,249	June	5,50	166,226	
July	5,45	169,502	July	5,22	162,338	
August	4,13	129,462	August	3,77	117,431	
September	2,91	89,583	September	2,37	71,173	
October	1,15	36,043	October	0,94	28,213	
November	0,28	7,549	November	0,21	4,741	
December	0,22	5,370	December	0,14	2,784	
<b>Annual</b>	<b>2,75</b>	<b>1,025,513</b>	<b>Annual</b>	<b>2,47</b>	<b>910,801</b>	
<b>Location and Station Identification</b>			<b>Location and Station Identification</b>			
Requested Location	Ny Lufthavnsvej 24, 8560 Kølind		Requested Location	Ny Lufthavnsvej 24, 8560 Kølind		
Weather Data Source	Lat, Lng: 56,29, 10,62 1,3 mi		Weather Data Source	Lat, Lng: 56,29, 10,62 1,3 mi		
Latitude	56,29° N		Latitude	56,29° N		
Longitude	10,62° E		Longitude	10,62° E		
<b>PV System Specifications</b>			<b>PV System Specifications</b>			
DC System Size	1187,2 kW		DC System Size	1187,2 kW		
Module Type	Premium		Module Type	Premium		
Array Type	Fixed (roof mount)		Array Type	Fixed (roof mount)		
System Losses	8,1202%		System Losses	8,1202%		
Array Tilt	10°		Array Tilt	10°		
Array Azimuth	130,5°		Array Azimuth	310,5°		
DC to AC Size Ratio	1,2		DC to AC Size Ratio	1,2		
Inverter Efficiency	98,2%		Inverter Efficiency	98,2%		
Ground Coverage Ratio	0,9		Ground Coverage Ratio	0,9		
Albedo	From weather file		Albedo	From weather file		
Bifacial	No (0)		Bifacial	No (0)		
Monthly Irradiance Loss	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June
	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Performance Metrics</b>			<b>Performance Metrics</b>			
DC Capacity Factor	9,9%		DC Capacity Factor	8,8%		

## 3D modul

Til projektet er der designet en digital 3D model af et modul i et software, der kan håndtere komponenter som solcellepaneler. Solcellepanel information kan derefter indlægges digitalt i modellen og benyttes som data input i energi beregninger. I dette projekt er data indlagt og kan danne grundlag for en senere projektering. Til analyse af energiproduktion er der moduleret PV overfladearealer, som er eksporteret til et software for energianalyse.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Til analyse af kontekst, eksisterende bygningers, skyggeindvirkning og til analyse af energiproduktion fra solceller, placeret på tagflader samt grundlag for en 3D visualisering, er der indhentet bygningskontekst:

- DHM terrænmodel
- Vejmidter
- Matrikelgrænser - "Danmarks adresser"
- Bygninger - Bygningspolygoner



*Figur 10 3D modul – felt bestående af 6 sammenhængende moduler – på hver 8 P. felter. Opstilles i rækker på 6 moduler – er hvert felt 60 meter og overdækker 48 parkeringsbåse. Der afvandes ned i et eksisterende nedsvinnings rabat på 1,5 m i bredden. Skruefundamenter muliggør at der kan fremføres elforsyning til ladere.*

3D Modulet er her vist i 3D og 2D optegning. Tegninger er reduceret så målskala vist er ikke gældende skala:

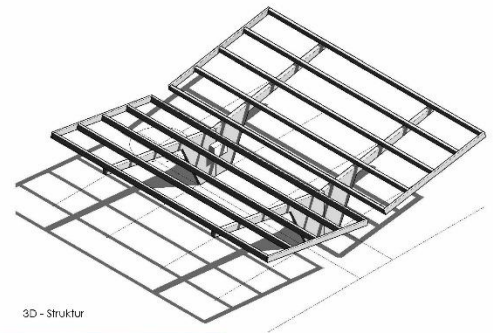
- 3D
- 2D Grundplan
- 2D Facade opstalt
- 2D Plan view med PV paneler (Viewet er et horisontal plan og derfor ikke lodret på PV paneler).
- 2D Snit (model VW ID. Buzz Cargo indsat til illustration af skala).

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

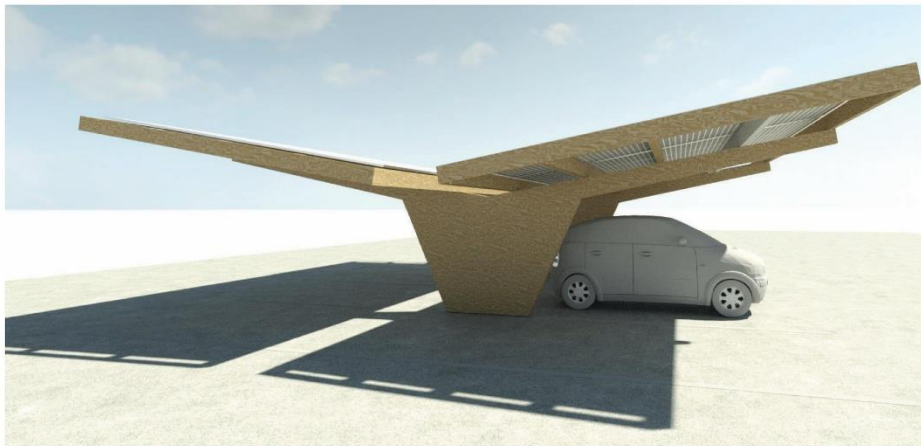
Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

## Solcelle Model

Visualisering 3D



3D - Struktur

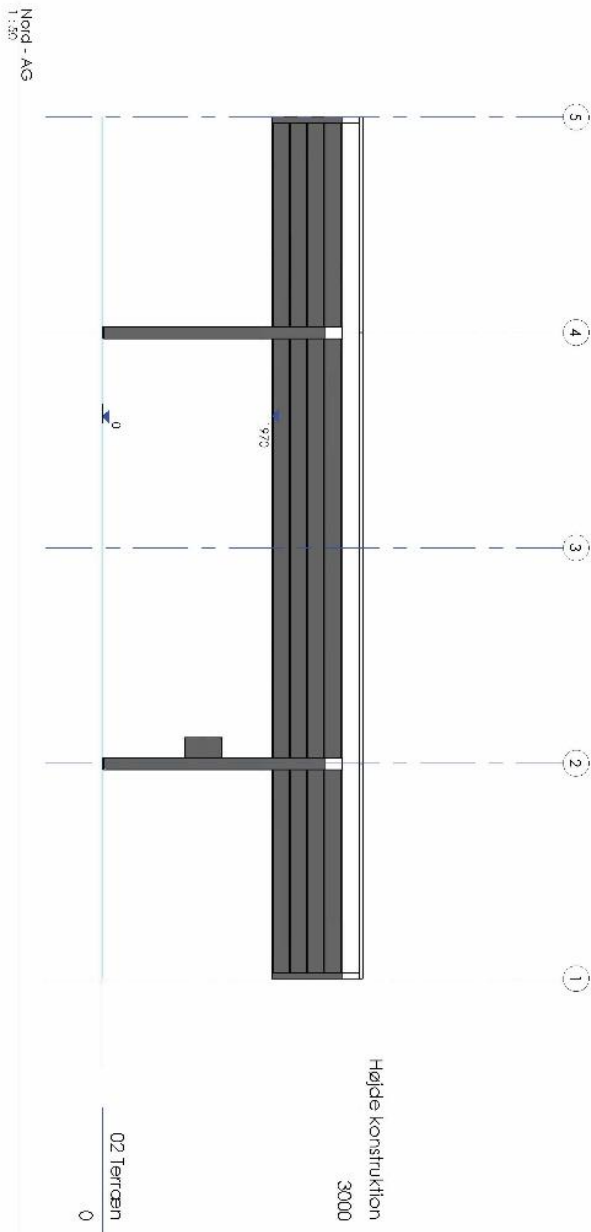


3D View 1\_1

1 : 1

# Solcelle Model

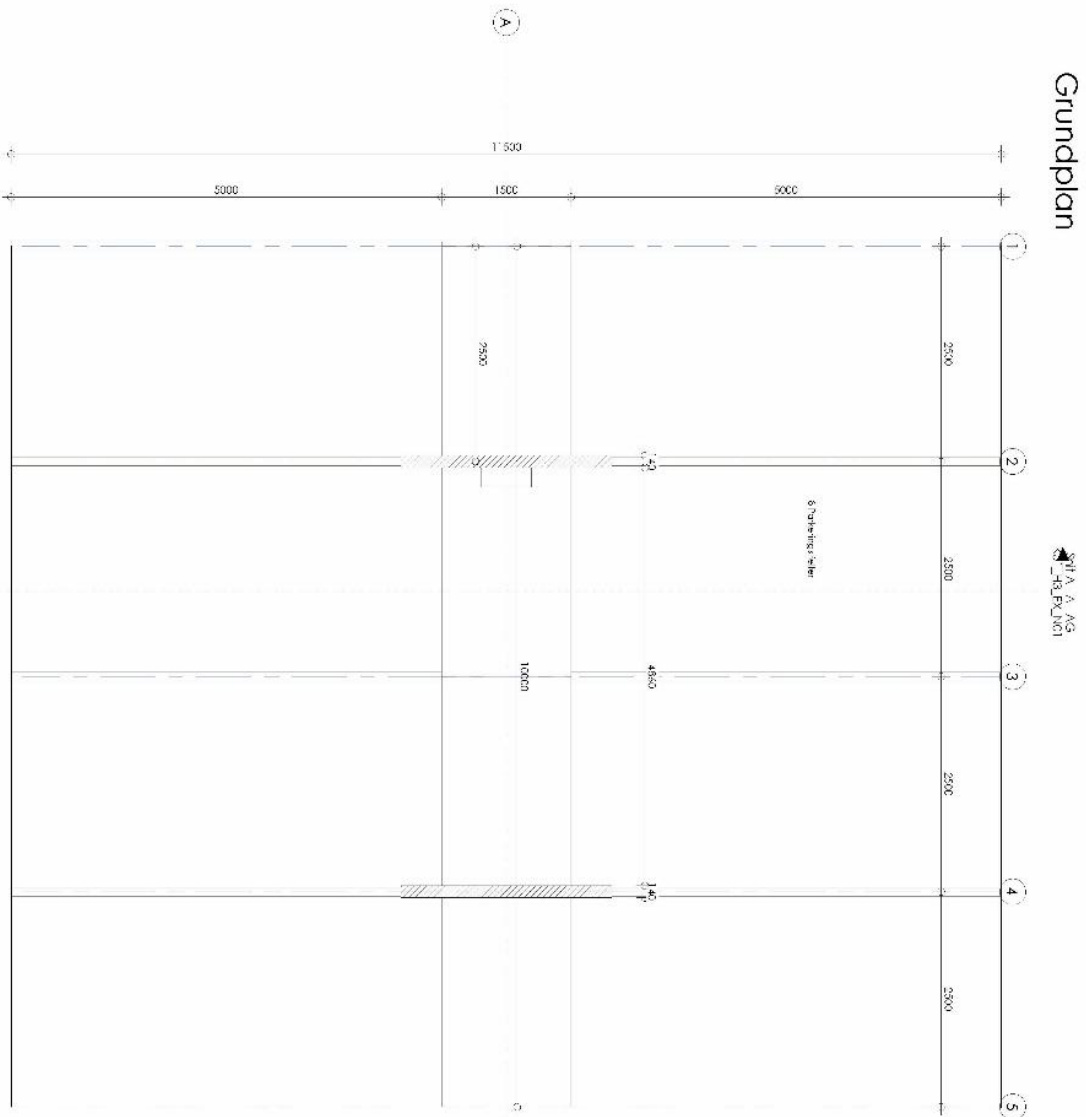
## Facade Nord



1 : 50

# Solcelle Model

## Grundplan



1 : 50

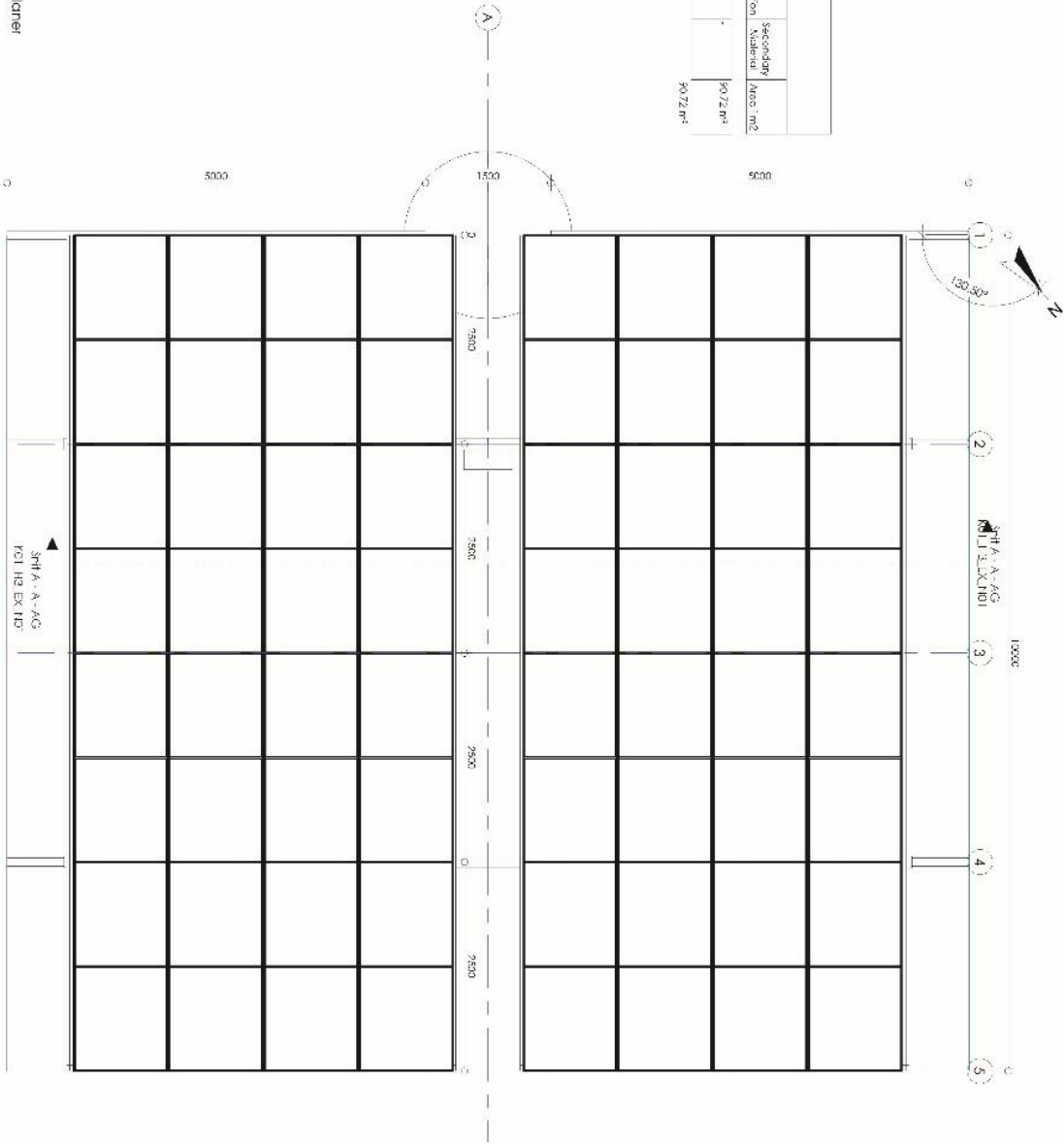
SØN A-A-AG  
HØJENING

# Solcelle Model

## Modul til 8 Parkerings felter

PV felter 8 felter

Family and Type	Count	Elevation		Depth	Width	Description	Secondary Number	Area m <sup>2</sup>
		from Level	to top					
LEAFON (Solar Panel 630x1134x50mm)	32	0	23	90	2200	1134	439W	30,2 m <sup>2</sup>
Grand total: 32								50,2 m <sup>2</sup>

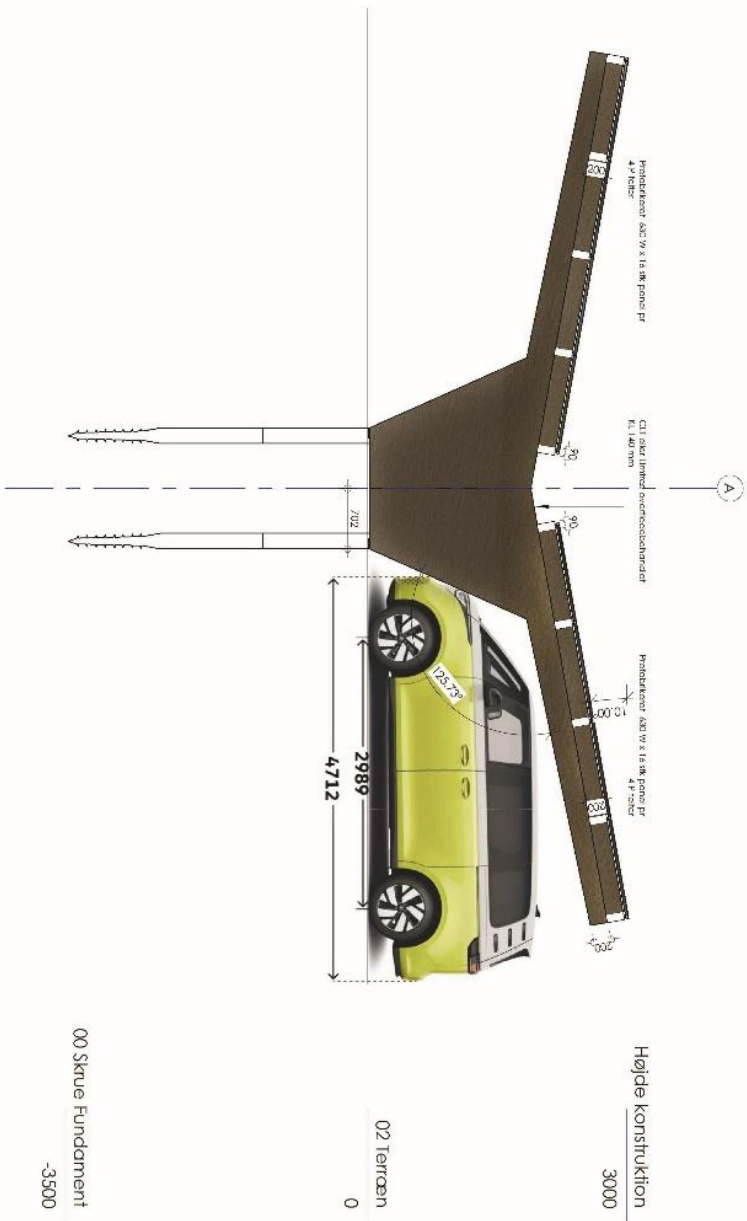


05Teg - AG - Hovedplaner  
1:50

1 : 50

# Solcelle Model

## Princip snit

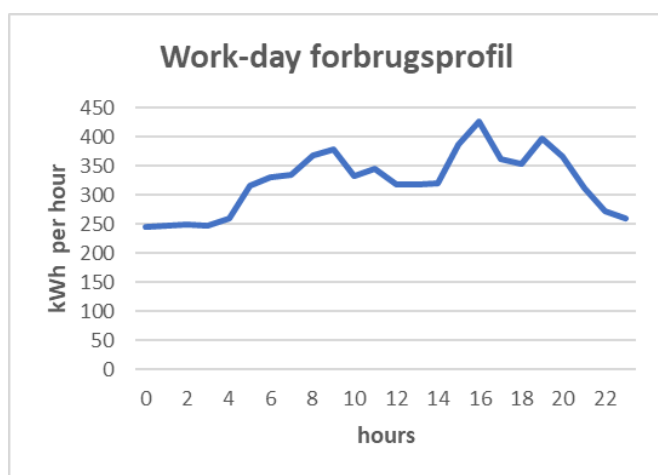


1 : 50

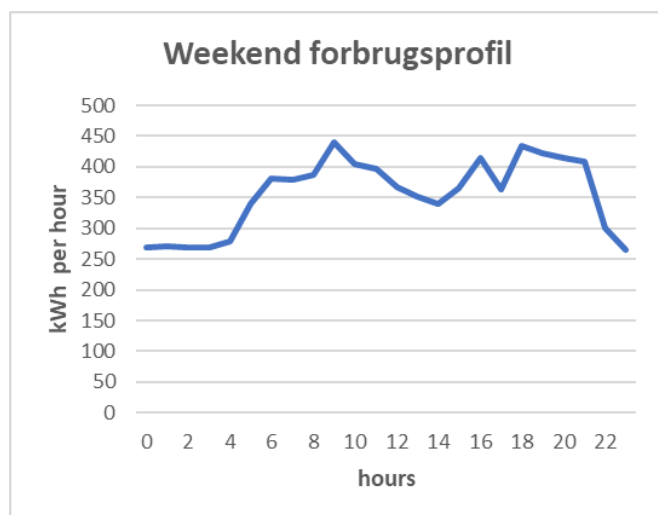
Vest - AG  
1 : 50

## 2 Kortlægning af parametre: forbrug

Forbrugsprofil fra Aarhus Airport er indlagt i beregningssoftware model med timebaserede værdier. Der er beregnet på en uge-forbrugsprofil året igennem med sol klimadata med opdeling i hverdage og weekend. PV1 scenariet afdækker, at der er overskud på nogle tidspunkter, men også forbrug der ikke dækkes. Batteridækning på 300 kW er medtaget som back-up kapacitet til natforbrug i sommerperiode og i investeringsomkostning og indregnet i scenariet. Batteriandel fremgår ikke særskilt i beregningen.



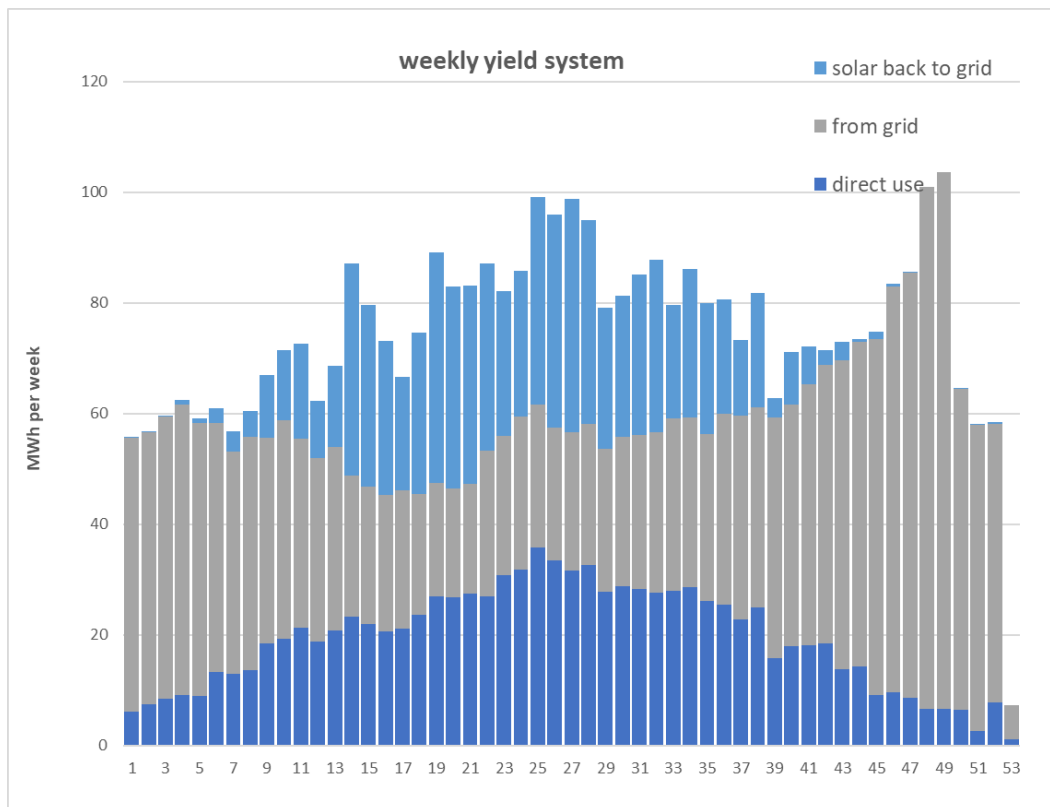
Figur 11 Fordeling af lufthavnens forbrug over hverdage.



Figur 12 Fordeling af lufthavnens forbrug i weekender

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 13 Oversigt over forbrugsdata årsoversigt/ugeoversigt fra Aarhus Lufthavn med beregnede solenergi produktion fra PV1. Det mørkeblå felt viser de tidspunkter hvor forbrug falder sammen med solar energiproduktion og der er direkte dækning. De lyseblå viser tidspunkter hvor der er overskud af solar energiproduktion og energi sendes til nettet.

For at kunne undersøge en business case med laderkapacitet, er det relevant at se på udviklingen i rejsende, og navnlig rejseaktivitet, der benytter parkering. Parkeringspladsen P2 overdækkes i case PV2 med 106 moduler med hver 8 p-pladser, i alt 848 P pladser. P2 råder over flere p-pladser der bibeholdes.

Statistik på rejsende fra Aarhus Airport viser, at der i sommerhalvåret er flere rejsende. Det matcher godt med energiproduktion fra solceller til nettet, der i stedet vil kunne udnyttes til ladning. Det antages, at nationale rejsende også har pendlere, der parkerer kortere tid.

Aarhus Airport har 20 ladestandere på 22 kW fra OK og 8 fra E.ON på P1. Derudover er der fire superladere på 300 kW. 110. Parkeringspladser med AC 22 kW lader tilbydes pt. i CPH lufthavnen fordelt på forskellige p-pladser. Herudover er der en station med 16 lynladere med en effekt på 360 kW. Udviklingen i salg af elbiler i Danmark stiger kraftigt. Næsten 2/3 af nysalg i Danmark 2025 1-2K er elbiler. I 2024 var det halvdelen. September 2025 slog rekorden hvor 73% af ny bilsalg var elbiler<sup>1</sup>.

Laderkapacitet antages for Aarhus Airport på baggrund af stigende elbil salg at skulle dække en stor del af parkeringen i fremtiden. For at kunne vurdere hvor mange p-pladser i et businesscase scenarie og et totaløkonomisk levetidsperspektiv på 50 år, der potentielt kan udnyttes til ladning, mens den rejsende er bort rejst, antages en andel på 75% udnyttelse af laderkapacitet medtaget på 212 ladere. Hertil anslås en udnyttelsesgrad på 50% af øvrige P2 pladser der overdækkes.

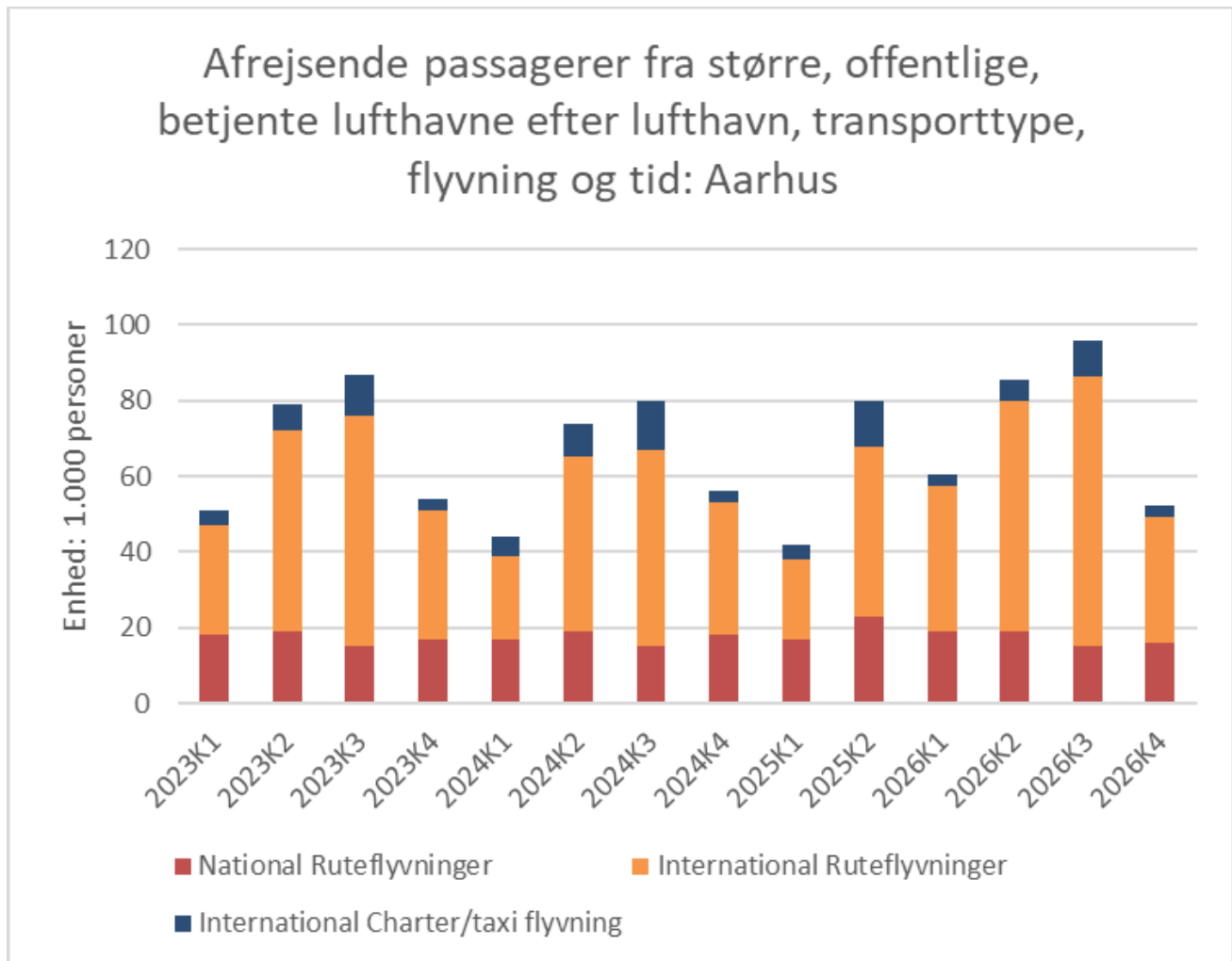
Det antages, at en parkering med overdækning kan værdisættes højere end en parkering uden. Værdiansættelsen i PV2 businesscasen sættes til +50 kr. pr p-plads. I det totaløkonomisk scenarie værdisættes

<sup>1</sup> <https://fdm.dk/nyheder/nyt-om-biler/2025-10-elbiler-slaar-flere-rekorder-danmark>

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

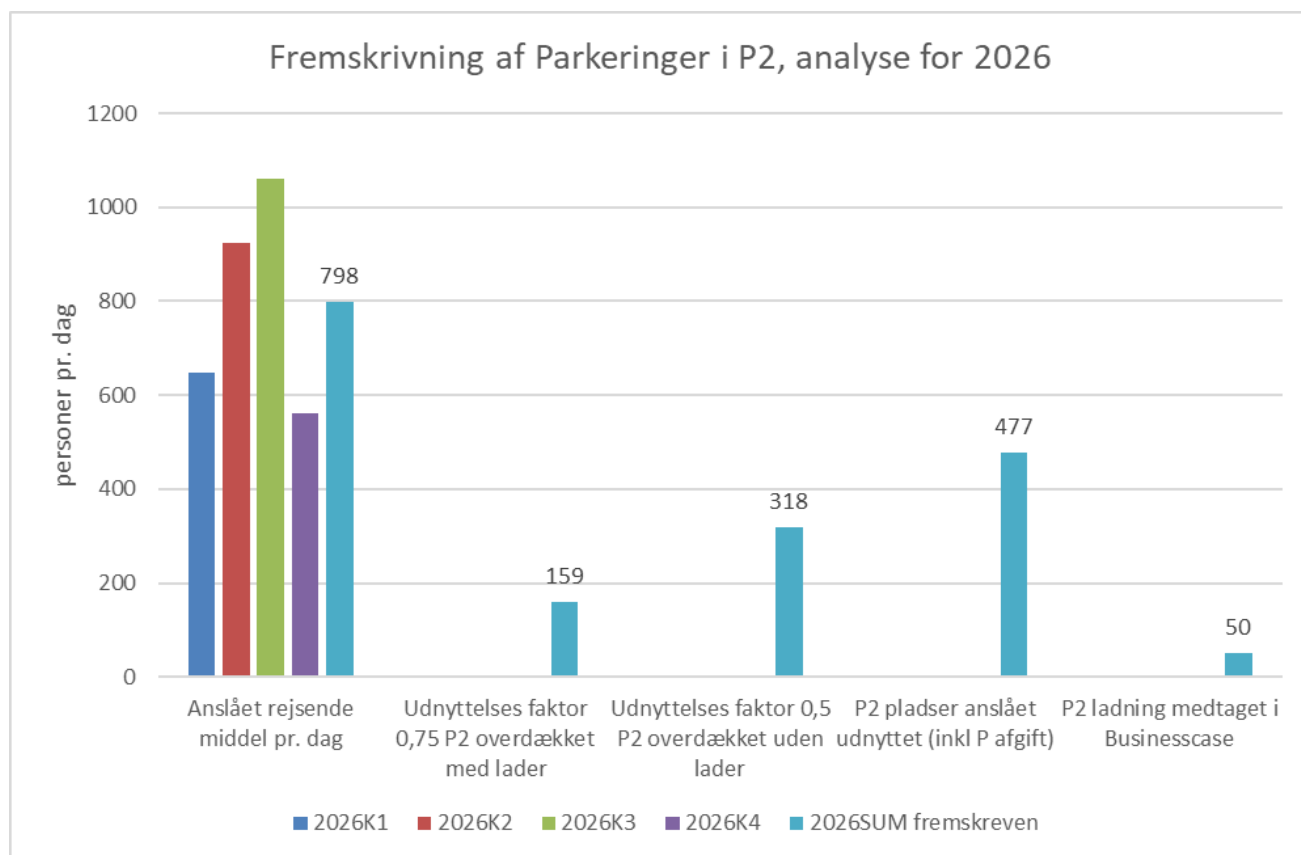
Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

overdækningen særskilt i 2 scenarier – et på +50 kr. afgift og et scenarie med +90 kr. p-afgift. Forskel i p-dagsafgift på P1, der ligger tættere på lufthavnsindgang udgør pt. +90 kr. i forhold til P2.



Figur 14 Til beregning af antaget dækning af Parkeringspladser er rejsende person statistik fra Danmarks Statistik for 2023 til 2025K2 og fremskrevet med middelværdier til fire kvartaler 2026. Det ses at internationale ruteflyvninger i sommerhalvåret udgør ca. 2/3 af de rejsende mens national ruteflyvning er mere stabil.

Der anlægges 212 ladere med dobbelt ladning. Heraf antages 50 at være aktive med ladning i businesscase hvor der pr. døgn lades 40 kWh. Det svarer til ca 1/3 de p-pladser, der statistisk parkeres ved med lader. Hvis en rejsende flyver internationalt, kan bilen f.eks. sættes til at lade op til 100%, hvorefter bilen er parkeret og fuldt opladet når den rejsende er tilbage. Bilen vil i dette tilfælde optage en lader i parkeringstiden, så der ikke kan antages fuld ladekapacitet udnyttet for alle ladere i 100% af tiden.



Figur 15 Med udgangspunkt i rejsestatistik fremskrevet til 2026 for 4 kvartaler vurderes rejsende i gennemsnit per dag og benyttede P. pladser. Med 477 P. pladser udnyttet svarer det til 60% af gennemsnit af antal rejsende pr. dag.

### 3 Kortlægning af parametre: Areal, orientering, hældning, Sol, Skygge og PV Cost Benefit scenarie

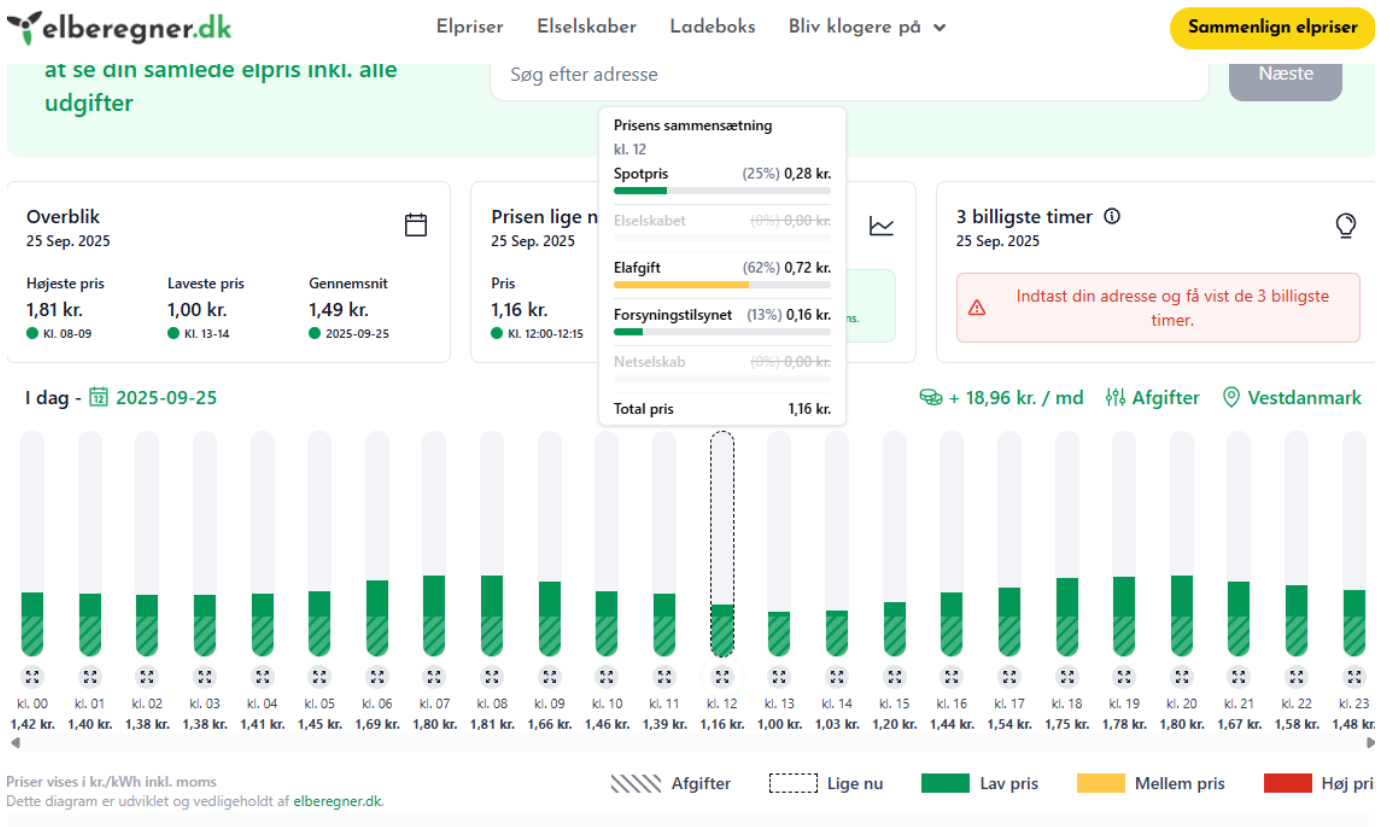
For prisdannelsen er energiprisudviklingen vigtig og kan være en risikofaktor. Grundlag for businesscase-beregninger er en fastlagt konstant pris uden prisudvikling. Energikrisen og det energiprischok, der skete i 2022 er en grund til at etablere lokalt forankrede energifællesskaber. Her gives en overordnet beskrivelse af prisdannelsesmekanismer i Danmark, Norden og EU.

Elprisen i Danmark afhænger af en række tillæg og svinger afhængig af årstid, forbrugspeak og en række tillæg for el-afgiften, der udgør den største andel. En regeringsbeslutning betyder, at el-afgiften nedsættes med 0,719 kr. midlertidig fra 2026-2027<sup>2</sup>

<sup>2</sup> [faktaark-om-lempelse-af-elafgift.pdf](#)

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

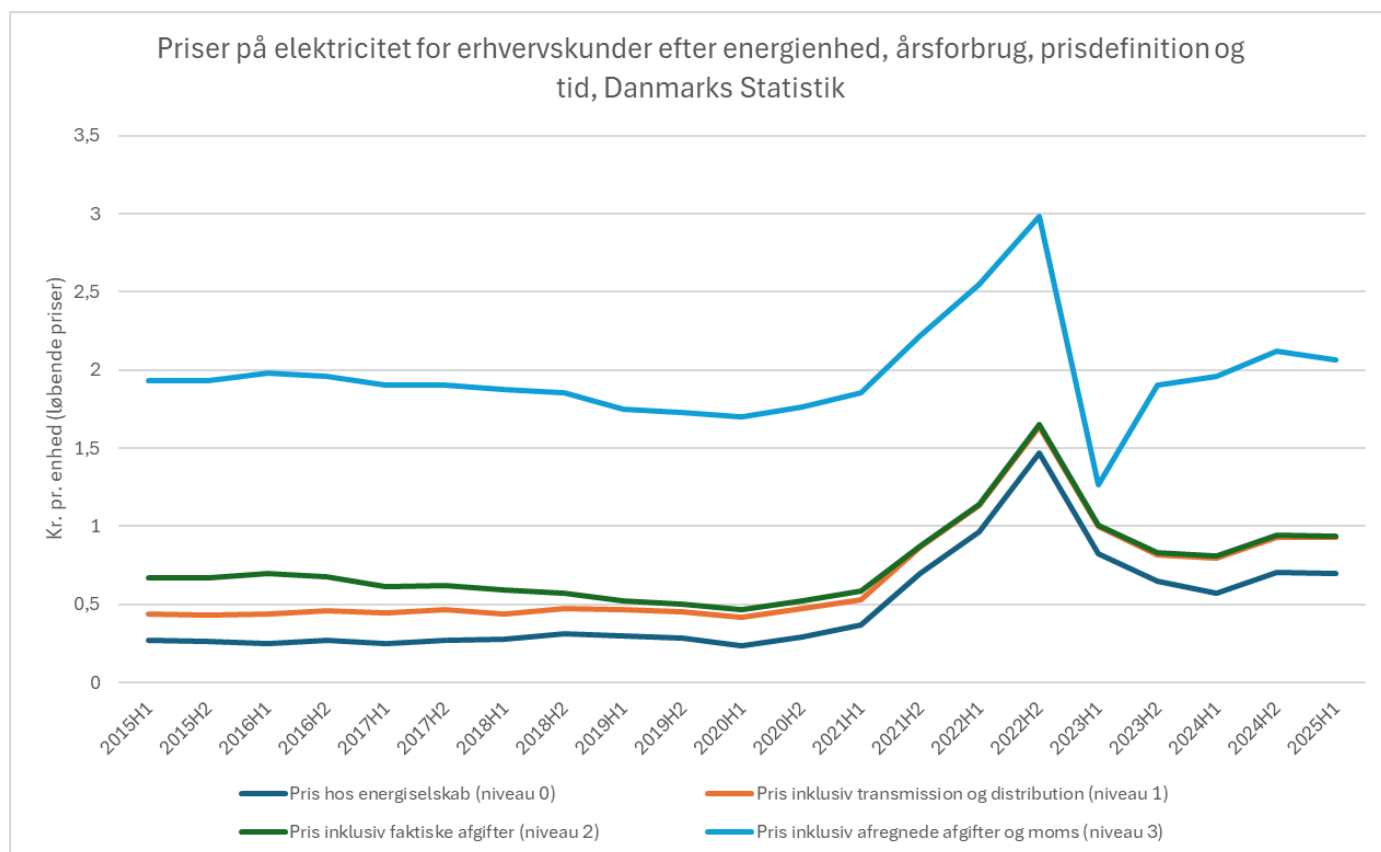


Figur 16 Øjeblikbillede af el-prisdannelse og de elementer prisdannelsen består af. Det ses at prisdannelsen – består af flere komponenter som er markeds, klima og politisk afhængige. Spotprisen er afhængig af ressourcer og tilgængelighed i det nordiske el-marked. Elafgiften er afhængig af national klima- og afgiftspolitik samt økonomi. Herudover tillægges en række administrative afgifter og til sidst en transmissions afgift.

Markedet for elektricitet afhænger udover de nævnte indenlandske parametre af prisdannelse i de nabolande, der er koblet op på energinettet. Her udgør Norge en strategisk vigtig betydning, da vandkraft herfra virker som batteri for prisdannelsen i de perioder, hvor der er mindre vind eller sol i det Danske net.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 17 Udviklingen i energipriser er grundlæggende afhængigt af gasprisen og det skifte der lige nu pågår fra fossil til fossilfri – primær grøn el (Energikrisen). I Danmark er Grøn el primært produceret af land- og havbaseret vindenergi, men der er også elementer som biomasse og efterhånden spiller solenergi en rolle på ca 10% af elproduktionen. Variationen i prisdannelsen er afhængig af fossile energiresourcer (primært gas). 2022 med krigen i Ukraine, har betydet store udsving og usikkerhed. Langsigtet arbejdes der på EU-plan for at prisdannelsen bliver mindre afhængig af fossil energi der også benyttes til el – produktion.

Fremover er det ikke sikkert, at Norge vil bibeholde energisamarbejdet. To kabler der kobler Norge med Danmark, har levetid til 2026 og der er debat i Norge<sup>3</sup> om, hvordan elforsyningen fremover skal ske. Norge forsynes af atomkraft fra Sverige og Finland udover den, vandkraft kan levere.

Elprisdannelsen i fremtiden kan derfor blive usikker og med pil op, hvis det nordiske el-samarbejde droppes.

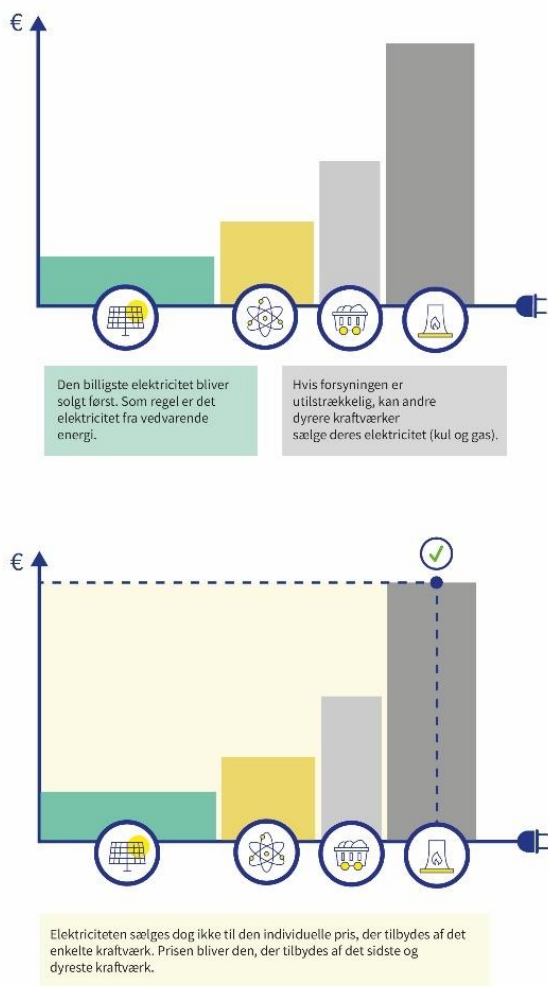
Energi prisdannelsen er i EU<sup>4</sup> afhængig af mekanismen ”rangfølgen”, hvor fossil energi er bestemmende, selvom vedvarende energikilder ofte produceres til lavere pris.

<sup>3</sup> <https://ing.dk/artikel/norge-dropper-elkabler-til-danmark-og-aabner-doeren-atomkraft>

<sup>4</sup> <https://www.consilium.europa.eu/da/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/#0>

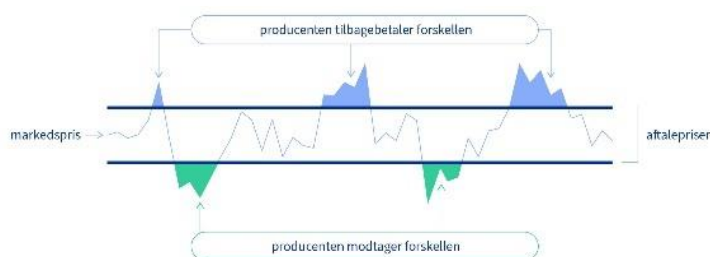
## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 18 Sådan fungerer "rangfølge" mekanismen for energi prisdannelse i EU. Det er kraftværker der bestemmer el-energi prisen ud fra pris for fossilbaseret el produktionspris.

Energikrisen – særligt indflydelsen af krigen i Ukraine, har fået EU til at arbejde for en ny "fastpris" model for energi i EU.



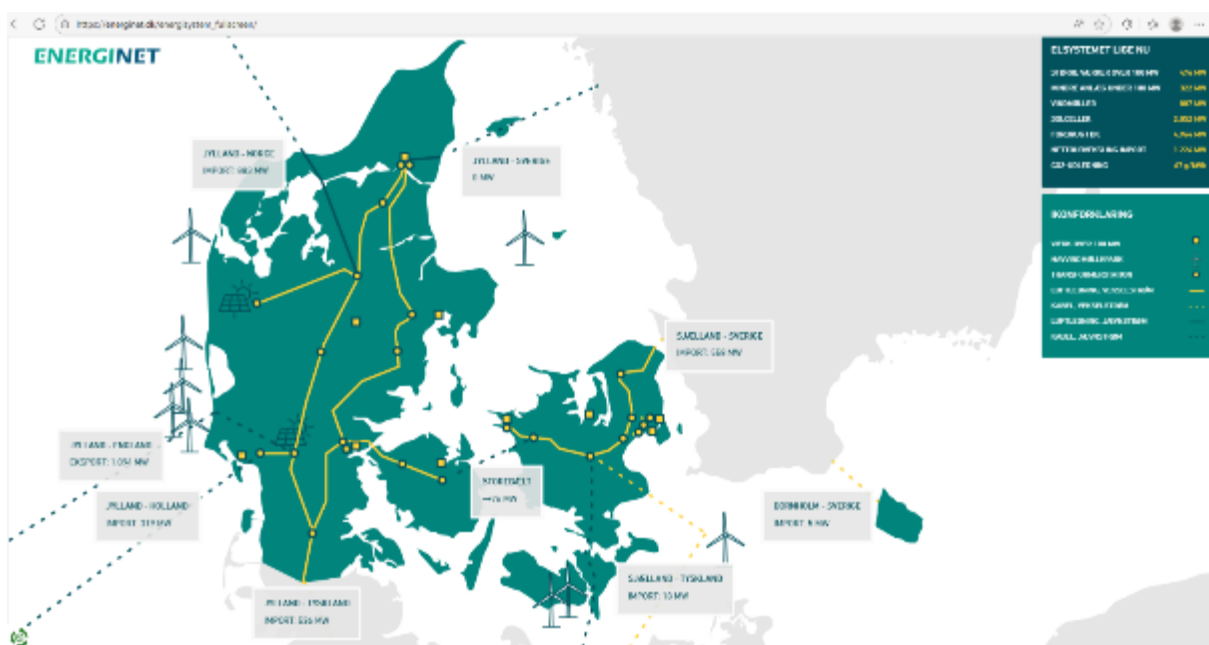
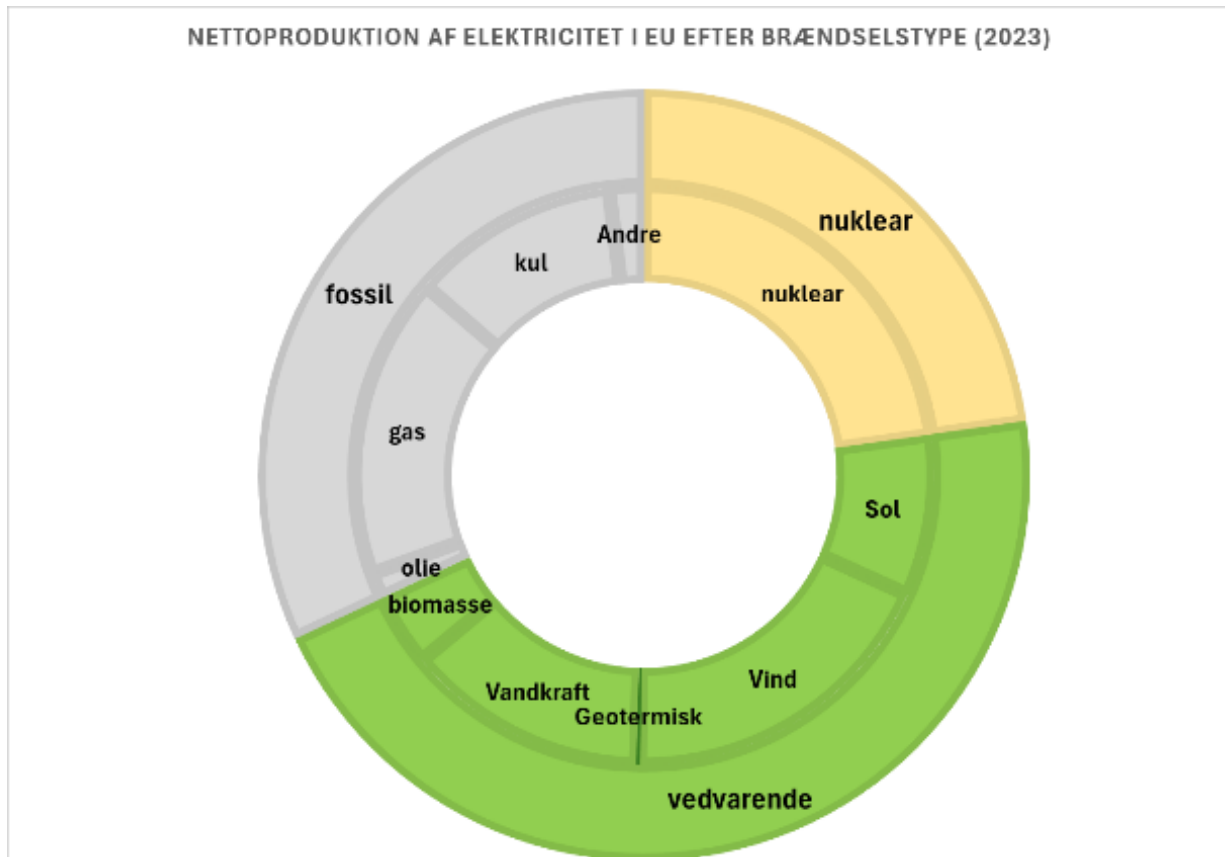
Figur 19 Model for EU's "fastpris aftale" hvor store udsving i energiprisen søges undgået ved at aftale en fast pris for energi med producenter.

I det Danske system er der over 75% vedvarende energi i produktionen af El energi. Det er den to højeste andel i EU. Alligevel er Danmark afhængigt af fossil energi ressourcer i prisdannelsen, nuklear energi fra Sverige og vandkraft fra Norge.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Tabel 3 Energi produktion data fra EUROSTAT. Sol udgjorde i 2023 9,1% af den samlede energiproduktion, vedvarende energi 45%.



Figur 20 Øjebliksbillede af El-systemet der er grundlag for priskernen for el – Spot-markedsprisen. Det ses at Jylland i perioder både eksportere og importere el. Vandkraft dækker i Norge omkring 70% af energiproduktionen og er en vigtig stabiliserende del af den danske energi import.

I 2024 steg Energiproduktionen fra solenergi med 53%. Agrivoltaic, PV-anlæg på marker, er udbygget i perioden, men oplever i flere kommuner debat om placering i forbindelse med planlagte projekter. Agri voltaic skygger for plantevækst, så det ikke er muligt at etablere naturområder med biodiversitet. Skygge fra

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

### Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

solceller, navnlig forår og efterår, gør at plantevækst i græs ikke har tilstrækkeligt sollys til fotosyntese – så et optag af kvælstof og fosfor forsinkes. Det er et modsætningsfyldt dilemma for energi- og biodiversitetskrisen at store potentielle naturområder, primært vådområder, legalt kan udlægges til PV arealer. I Danmark er det i ”trepartsaftalen”, besluttet at udlægge 15% af Danmarks areal, 400.000 ha til skovrejsning, natur og vådområder, hvor vådområder udgør ca. 140.000 ha.

Delivery Date Start CET	Biomass (MWh)	Fossil Gas (MWh)	Fossil Hard Coal (MWh)	Fossil Oil (MWh)	Hydro Run Of River A	Other Renewable (MWh)	Solar (MWh)	Waste (MWh)	Wind Offshore (MWh)	Wind Onshore (MWh)	Total (MWh)
2025-09-01	159 723,0	55 599,6	58 521,4	14 283,7	552,1	662,5	333 884,8	52 817,0	562 504,8	688 026,4	1 926 575,3
2025-08-01	108 952,3	85 038,0	104 042,9	21 425,7	744,0	1 298,7	576 113,1	66 334,7	581 425,6	668 289,2	2 213 664,2
2025-07-01	88 975,0	86 828,1	102 504,0	19 915,1	746,3	1 063,3	618 340,5	76 032,6	529 966,7	567 808,8	2 092 180,4
2025-06-01	52 208,5	80 575,9	84 145,8	17 279,2	716,5	873,9	571 306,5	76 587,3	696 602,1	889 376,1	2 469 671,8
2025-05-01	130 393,5	108 839,8	107 037,2	22 778,3	740,0	835,9	634 904,8	79 799,3	620 550,6	765 778,3	2 471 657,7
2025-04-01	311 466,5	128 418,2	211 245,8	25 284,8	719,3	829,4	500 544,3	95 075,3	401 993,6	480 440,7	2 156 017,9
2025-03-01	471 939,0	162 274,0	283 880,0	27 149,0	770,0	915,0	413 158,0	84 627,0	739 972,0	968 541,0	3 153 225,0
2025-02-01	463 832,0	229 024,0	375 953,0	28 529,0	1 283,0	951,0	154 381,0	108 402,0	735 082,0	750 133,0	2 847 570,0
2025-01-01	512 193,0	235 417,0	315 251,0	33 055,0	2 089,0	1 023,0	61 039,0	86 839,0	1 012 915,0	1 124 555,0	3 384 376,0

Updated at: 25.09.2025 07:04:43 (CET) ⓘ

Figur 21 Data for energiproduktion i Danmark 2025. Det ses at solenergi i maj 2025 var større end den samlede offshore vindproduktion. Sol supplerer i nogen grad energiproduktionen fra vind. Det hænger typisk sammen med at vejrsystemer der producerer vindkraft typisk også har flere skyer – mens det modsatte også er typisk, at stillestående højtryksprægede vejrsystemer har mange soltimer – men lidt vind. Mere sol i energi systemet kan derfor medvirke til at dæmpe op for perioder med mindre vind. Overordnet er der i vinteråret også mere vindproduktion som det ses. Danmark ligger derfor vejrsmæssigt strategisk godt placeret til at udnytte vind og sol fremadrettet som fossilfrie energikilder til erstatning af de fossile og reducere biomasse til kraft/varmeproduktion.

Samlet set er det i Danmark besluttet at alle sektorer skal være fossilfri i 2050 – nogle kommuner arbejder med væsentlig kortere tidsperspektiv. Aarhus kommune<sup>5</sup> har i april 2024 fastholdt målet om at være klimaneutral i 2030. Regionale klimamål, der går videre end nationale mål og som er ambitiøse i forhold til EU nuværende situation, må siges at være afhængige af at der tages initiativer overalt til reduktion af klima udledninger forbundet til forbrug af energi og produktion af vedvarende energi.

Det er et vigtigt argument for at lokal forankring af den vedvarende energiproduktion kan reducere forbruget direkte, men det ligger også i EU modellen, at vedvarende energi kan sælges til naboen.

**Citat: Adgangen til vedvarende energi vil blive lettere takket være handel med elektricitet fra vedvarende energikilder produceret lokalt (energi fra solpaneler kan f.eks. sælges til naboen).<sup>6</sup>**

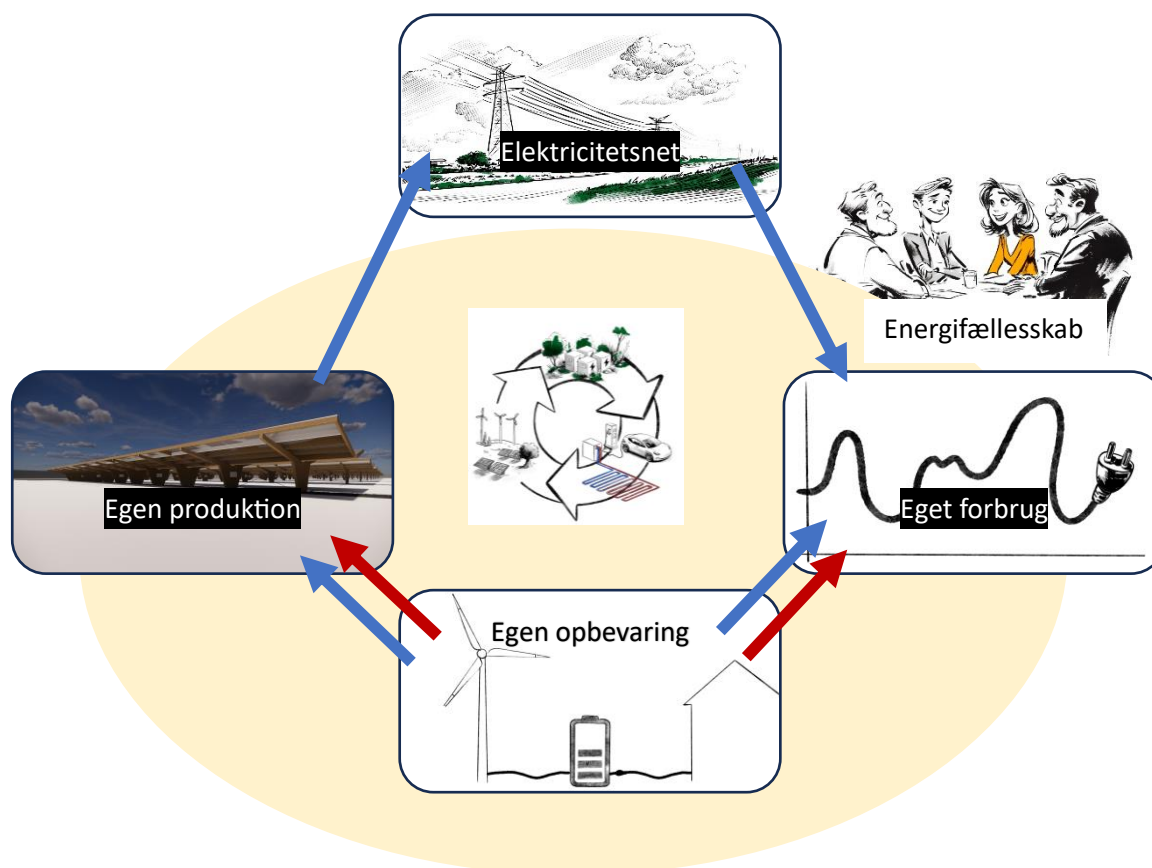
Til at øge egen dækning af grøn energiproduktion støtter EU dannelsen af energifællesskaber. Forankring af lokal energiproduktion reducerer det direkte forbrug og det kan reducere peak i nettet. Peaks, der ikke reduceres, er u hensigtsmæssige for rentabilitet, kapacitet og forsyningsrobusthed i fremtidens fossilfrie energiforsyning.

<sup>5</sup> <https://aarhus.dk/demokrati/projekter-og-samarbejder/klima/aarhus-vil-vaere-klimaneutral-i-2030>

<sup>6</sup> <https://www.consilium.europa.eu/da/policies/electricity-market-reform/>

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 22 Et energifællesskab til lokalforankring af grøn energiproduktion. Et behov for energi – direkte elektricitetsbehov eller indirekte el behov til bygningsdrift forsynes fra elektricitetsnettet og direkte samt indirekte via egen produktion og opbevaring f.eks. nat/dag lagring i batteri. I de scenarier der her beskrives, er der tale om mange solceller placeret på bygninger og en overdækning af parkeringsarealet. Eget forbrug kan også være ladning af køretøjer. Grafik tegninger <https://www.energifaellesskaber.dk/video-og-billedemateriale/>

I dette projekt til et lokalt forankret projekt til energifællesskab undersøges mulighed for en overdækning af et parkeringsareal med solcellepaneler PPV. Aarhus Airport har store tagflader. Hertil er udarbejdet et RPV-projekt som er medtaget i business case for energifællesskabsprojektet som et scenarie. I det følgende vises beregningsresultater for business case.

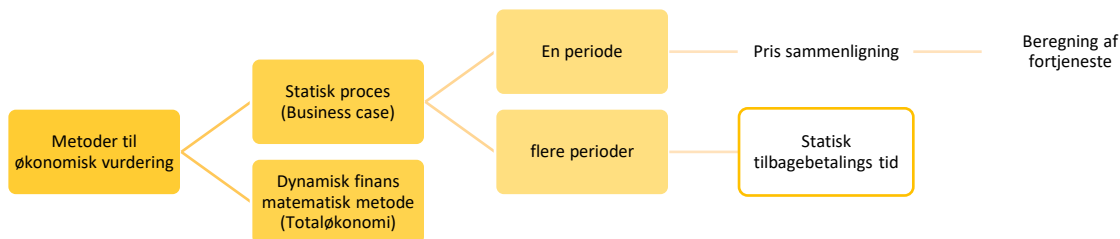
Fordele ved et energifællesskab;

- Økonomiske besparelser: Solceller producerer billig strøm og reducerer behovet for at købe dyr netstrøm.
- Udnyttelse af batterier: Batterier kan oplades i dagtimerne, hvor strømmen er billig, og bruges senere på døgnnet, når elpriserne er høje.
- Indtægter fra ladestander: Mulighed for at tilbyde opladning til elbiler mod betaling, suppleret med overdækning og parkeringsafgifter.
- Sikkerhed og forsyningsikkerhed: Batterier giver lufthavnen ekstra backup og robusthed mod strømafbrydelser.
- Miljø og bæredygtighed: Markant reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning gennem grøn energiproduktion og mindre afhængighed af fossile brændsler.

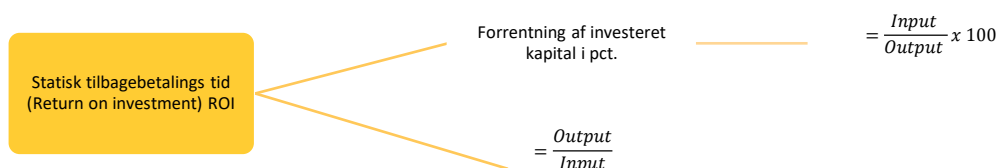
## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

- Styrket image: Grøn profil og synlig satsning på bæredygtighed giver et stærkt signal til passagerer, samarbejdspartnere og offentligheden.
- Fremtidssikring: Forberedelse på stigende antal elbiler samt potentielle fremtidige krav om CO<sub>2</sub>-reduktioner og grøn energi.



Figur 23 Model for hvad en Business beregning består og den begrænsninger. En business case medtager de umiddelbare omkostninger. Prisudvikling fremadrettet, finansierings omkostninger, løbende og fremtidige vedligehold- og driftsomkostninger indgår ikke i en simpel opstilling af umiddelbar økonomi til en Business case. Sådanne langsigtede omkostninger i forbindelse med langsigtede investering kan medtages i en Totaløkonomisk beregning – der følger i næste kapitel. Grundlaget hertil er de umiddelbare omkostninger og beregnet energibesparelse, samt simpel tilbagebetalingstid beregnet i business case scenarier.



Figur 24 Amortiseringstid for investeringen (output) findes ved indsætning af årlig beregnet prissætning af energiproduktion (input). Forrentning af investeret kapital i pct. beregnes som økonomisk resultat af årlig energiproduktion divideret med den samlede investerede kapital (kostpris for anlægget), ganget med 100. Afkastningsgraden af den investerede kapital, viser scenariets potentiale til at generere et overskud. Der medtages ikke renter for investeringens finansiering så det antages at vis afkastningsgraden er højere end gældsrenten, tjenes der penge på at bruge lånt investerings kapital.

1. Der udføres en beregning på PV placeret på tagflader, benævnt scenarie PV1.
2. Herefter udføres en beregning alene på PV placeret på en overdækning af et parkeringsareal P2 – benævnt scenarie PV2.
3. Endelig udføres et kombineret scenarie PV1 + PV2.

I beregningsgrundlaget for PV1 er medtaget investering til 300 kW batteri kapacitet.

I beregningsgrundlaget for PV2 er medtaget investering til overdækning af parkeringsareal af  $8 \times 10^6 = 848$  parkeringspladser og 212 ladere. Omkostninger er i øvrigt beskrevet i kapitlet "Økonomisk overslag for CLT-konstruktion".

## Business case 1

Grundlag for beregningsscenariet:

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

- Solceller producerer: 1,83 mio. kWh/år.
- Uden batteri: 55 % bruges direkte, resten eksporteres.  
Med batteri 300 kWh: → egen forbrug stiger til 61 %. Flere batterier kan få egetforbruget op på tæt på 90%

Table 4 Business case PV1 beregning resultat energiproduktion.

Input / output / Resultater.		
Energi behov	3.120.081	kWh
Pris på anlæg	6.224.260	DKK
kWp panels	480	Wp
no of panels	4.294	pieces
Størrelse pp installation	2.061.325	kWp
Størrelse sol-anlæg	2.061.325	Wp
kWh produktion sol-anlæg	1.825.840	kWh
Direkt anvendelse sol kWh	1.111.339	kWh
Direkt anvendelse sol PCT	60,87	PCT
Lagt ud på el-nettet kWh	703.551	kWh
Lagt ud på el-nettet %	38,53	PCT

Table 5 Business case PV1 beregning resultat energi økonomi.

<b>Elpris køb</b>	<b>1,00</b>	<b>kr.</b>	
<b>Elpris salg</b>	<b>0,50</b>	<b>kr.</b>	
<b>ROI / salg overskudsproduktion til net.</b>	<b>Pris</b>	<b>Stk</b>	<b>i alt</b>
Solcelleanlæg	6.224.260	1	6.224.260
Net-EL-Pris	1,00		
Pris kWh årligt	1,00	3.120.081	3.120.081
Produceret SOL-EL kWh		1.825.840	1.825.840
Solgt på Nettet	0,50	703.551	351.776
Forrentning af investeret kapital i pct.		%	23,51
Tilbagebetalingstid år		År	4,25

Den solare produktionsdækning afhænger af brugsprofilen. Der er opsat en brugsprofil og hverdage og weekend der danner baggrund for en uges bruges profil. Hertil lægges den solare produktion. Resultat for ugens direkte dækning af solar strøm ses herefter ligesom potentiale for dækning af strøm fra yderligere solar kapacitet og lagret batteristrøm ses som den del der leveres fra grid.

I brugsprofilen indgår el-forbrug til lufthavnen. Der er ikke medtaget forbrug fra lufthavnens lejere og el til at dække køretøjers elforbrug. Elforbrug til ladere er skønnet i scenariet PV2.

## Business case PV2 med lade stander

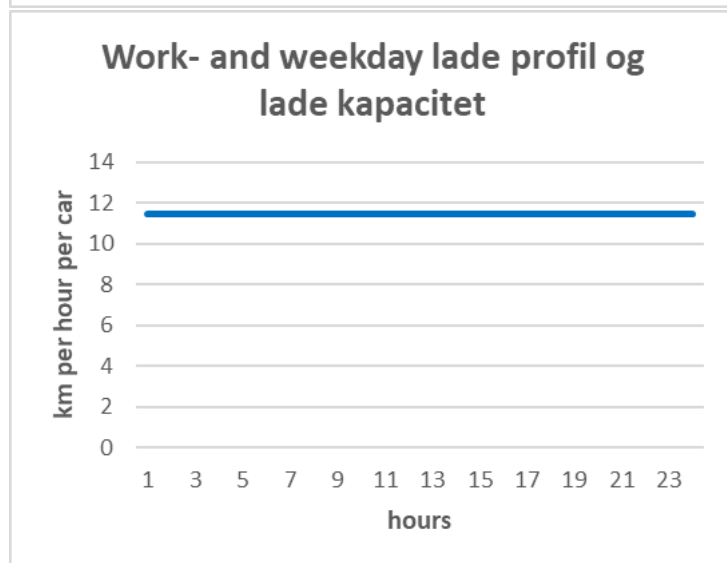
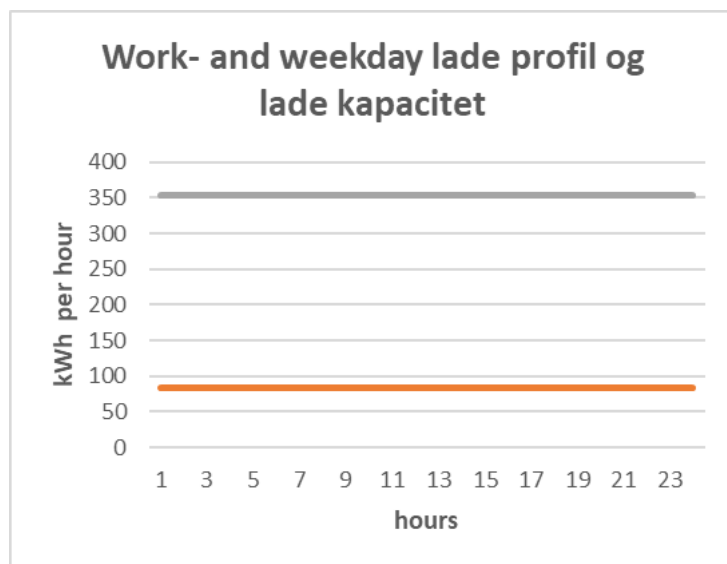
Der anvendes store paneler til overdækning af parkeringsarealet, så PV-panelet kan fungere som tagflade med den geometri for en standard parkeringsplads har på 2,5 m i bredden og 5 m i dybden. PV-panel er vist tidligere med en paneleffektivitet STR på over 23%. Inverter medtaget har effektivitet angivet til 98,5%.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Grundlag for beregningsscenariet:

- **Elpris:** 1,34 kr/kWh (1,62 kr/kWh inkl. moms)
- **El-salg (eksport):** 0,588 kr/kWh\*
- **Elbil-ladning:** 1,34 kr/kWh (1,62 kr/kWh inkl. moms) + 50 kr i p-afgift pr. døgn (AA salg: 2,88kr)



Figur 25 Der medtages 106 lade stationer med dobbelt ladnings kapacitet. Der antages at 50 lade stationer heraf er tilkoblet og en 11kW ladning i løbet af 24 timer med 40 kW til hver bil. Antages en køreafstand på i gennemsnit 5,5 km pr ladet kWh fås i snit 40kW ladet pr bil x 5,5 km / kWh = 220 km. Aarhus Airport ligger i en afstand på 43 km fra Aarhus.

## MID 25~40KTL3-X

- The maximum efficiency is up to 98.8%
- AFCI function optional
- Self-consumption monitoring
- Touch key and OLED display
- Type II SPD on DC and AC side



**Growatt**

[www.ginverter.com](http://www.ginverter.com)

P O W E R  
- I N G  
T O M O -  
R R O W O

preliminary

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Datasheet	MID 25KTL3-X1	MID 30KTL3-X	MID 33KTL3-X	MID 36KTL3-X	MID 40KTL3-X
<b>Input data (DC)</b>					
Max. recommended PV power (for module STC)	37500W	45000W	49500W	54000W	60000W
Max. DC voltage	1100V				
Start Voltage	250V				
Normal Voltage	600V				
MPPT voltage range	200-1000V				
No. of MPPT trackers	3	3	3	4	4
No. of PV strings per MPPT tracker	2				
Max. input current per MPPT tracker	26A				
Max. short-circuit current per MPPT tracker	32A				
<b>Output data (AC)</b>					
AC nominal power	25000W	30000W	33000W	36000W	40000W
Max. AC apparent power	27700VA	33300VA	36600VA	39600VA	44000VA
Nominal AC voltage (range*)	220V/380V, 230V/400V (340-440V)				
AC grid frequency (range*)	50/60 Hz (45-55Hz/55-65 Hz)				
Max. output current	40A	50.5A	55.5A	60.0A	66.6A
Adjustable power factor	0.8leading...0.8lagging				
THDi	< 3%				
AC grid connection type	3W + N + PE				
<b>Efficiency</b>					
Max. efficiency	98.8%				
European efficiency	98.5%				
MPPT efficiency	99.9%				
<b>Protection devices</b>					
DC reverse polarity protection	Yes				
DC Switch	Yes				
AC/DC surge protection	Type II / Type II				
Insulation resistance monitoring	Yes				
AC short-circuit protection	Yes				
Ground fault monitoring	Yes				
Grid monitoring	Yes				
Anti-islanding protection	Yes				
Residual-current monitoring unit	Yes				
String monitoring	Yes				
AFCI protection	Optional				
<b>General data</b>					
Dimensions (W / H / D)	580/435/230mm				
Weight	29.5kg	29.5kg	29.5kg	30.5kg	30.5kg
Operating temperature range	- 25°C ... + 60°C				
Nighttime power consumption	< 1W				
Topology	Transformerless				
Cooling	Smart air cooling				
Protection degree	IP66				
Relative humidity	0-100%				
Altitude	4000m				
DC connection	H4/MC4(Optional)				
AC connection	Cable gland + OT terminal				
Display	OLED + LED/WIFI + APP				
Interfaces: RS485 / USB / WIFI / GPRS / 4G / LAN	Yes/Yes/Optional/Optional/Optional/Optional				
Warranty: 5 years / 10 years	Yes/Optional				
CE, VDE0126, Gecece, EN60549, C10/C11, UTE C 15-712, IEC62116, IEC61727, IEC 60068, IEC 61683, CB0-21, CB0-16, N4106, TOR Ezeuzgar, G98/G99, G100, AS/NZS 3100, AS4777, UNE217001, UNE206007, PO12.2, KSC8565					

\* The AC voltage range and frequency range may vary depending on specific country grid standard.  
All specifications are subject to change without notice.

GROWATT NEW ENERGY TECHNOLOGY Co., LTD A: No.28 Guangming Road, Longfeng Community, Shiyao, Baoan District, Shenzhen, PR.China.  
T: + 86 755 2747 1900 F: + 86 755 2749 1460 E: info@growatt.com

Figur 26 PV2 scenariet beregnes med en Inverter pr modul med en effektivitet på 98,5%.



Figur 27 Vist ladestander med en lader forberedt til 2 ladere.

Tabel 6 Business case PV2 beregning resultat energiproduktion

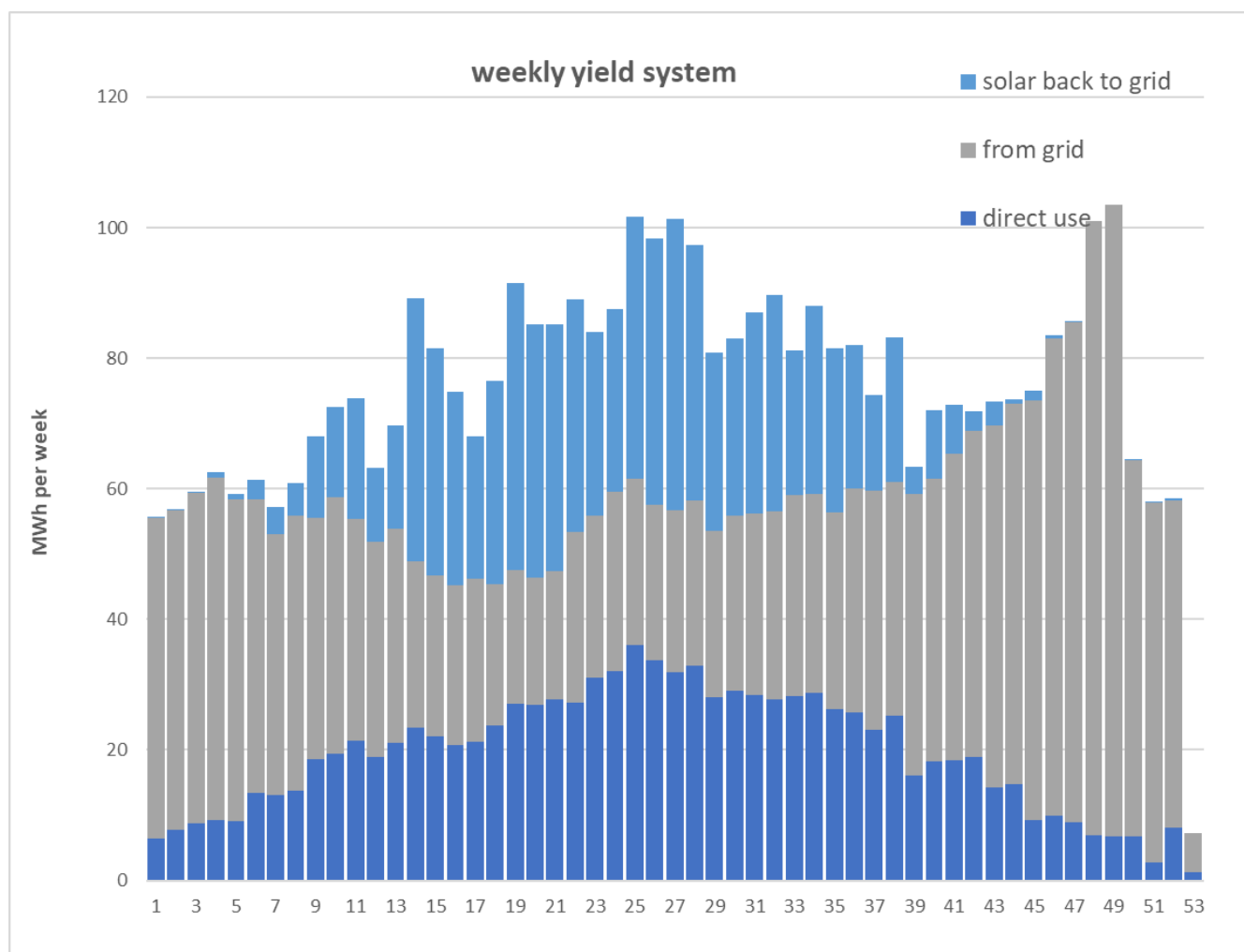
<b>Input / output / Resultater.</b>		
Energi behov	3.120.081	kWh
Pris på anlæg	25.635.714	DKK
kWp panels	630	Wp
no of panels	3.392	pieces
Størrelse pp installation	2.136.960	kWp
Størrelse sol-anlæg	2.136.960	Wp
kWh produktion sol-anlæg	1.936.313	kWh
Direkt anvendelse sol kWh	1.030.022	kWh
Direkt anvendelse sol PCT	53,20	PCT
Til e ladning	730.000	kWh
Lagt ud på el-nettet kWh	176.290	kWh
Lagt ud på el-nettet %	9,10	PCT

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Tabel 7 Business case PV2 beregning resultat energi økonomi.

<b>Elpris køb</b>	<b>1,00</b>	<b>kr.</b>	
<b>Elpris salg</b>	<b>0,50</b>	<b>kr.</b>	
<b>AA Elpris ladere</b>	<b>2,88</b>	<b>kr.</b>	
<b>ROI / salg overskudsproduktion til net.</b>	<b>Pris</b>	<b>Stk</b>	<b>i alt</b>
Solcelleanlæg	25.635.714	1	25.635.714
Net-EL-Pris	1,00		
Pris kWh årligt	1,00	3.120.081	3.120.081
Produceret SOL-EL kWh		1.936.313	1.936.313
Solgt på Nettet til ladning	2,88	730.000	2.102.400
Solgt på Nettet	0,50	176.290	88.145
Forrentning af investeret kapital i pct.		%	15,41
Tilbagebetalingstid år		År	6,49



Figur 28 Oversigt over forbrugsdata årsoversigt/ugeoversigt fra Aarhus Lufthavn med beregnede solenergi produktion fra PV2. Det mørkeblå felt viser de tidspunkter hvor forbrug falder sammen med solar energiproduktion og der er direkte dækning. De lyseblå viser tidspunkter hvor der er overskud af solar energiproduktion og energi sendes til nettet eller til ladning. Ladning kan derved dækkes delvist af en overproduktion der ellers sendes til nettet.

## Business case PV1+PV2 med lade standere

Det 3. scenarie udgøres af de 2 ovenstående scenarier PV1 + PV2. Da der er forskel på anvendte paneltyper, beregnes en areal afhængig effekt middelværdi til 554 Wp som grundlag for beregning af energiproduktionen. Der er tidligere gjort rede i scenarierne PV1 og PV2 for batteri og ladere samt værdier for energi til ladere.

I forhold til scenarie PV1 udnyttes en større % andel af den producerede strøm. Omkostning ved overdækning af parkeringsarealet muliggør en forøgelse af P. afgiften der er sat til +50 kr. i scenariet ligesom i scenarie PV2.

Tabel 8 Business case PV1+PV2 og ladere, beregning resultat energiproduktion.

Input / output / Resultater.		
Energi behov	3.120.081	kWh
Pris på anlæg	31.859.974	DKK
kWp panels	554	Wp
no of panels	7.686	pieces
Størrelse pp installation	4.261.576	kWp
Størrelse sol-anlæg	4.261.576	Wp
kWh produktion sol-anlæg	3.762.153	kWh
Direkt anvendelse sol kWh	2.141.361	kWh
Direkt anvendelse sol PCT	56,92	PCT
Til e ladning	730.000	kWh
Lagt ud på el-nettet kWh	890.792	kWh
Lagt ud på el-nettet %	23,68	PCT

Tabel 9 Business case PV1+PV2 og ladere, beregning resultat energi økonomi.

<b>Elpris køb</b>	<b>1,00</b>	<b>kr.</b>	
<b>Elpris salg</b>	<b>0,50</b>	<b>kr.</b>	
<b>AA Elpris ladere</b>	<b>2,88</b>	<b>kr.</b>	
<b>ROI / salg overskudsproduktion til net.</b>	<b>Pris</b>	<b>Stk</b>	<b>i alt</b>
Solcelleanlæg	31.859.974	1	31.859.974
Net-EL-Pris	1,00		
Pris kWh årligt	1,00	3.120.081	3.120.081
Produceret SOL-EL kWh		3.762.153	3.762.153
Solgt på Nettet til ladning	2,88	730.000	2.102.400
Solgt på Nettet	0,50	1.620.792	810.396
Forrentning af investeret kapital i pct.		%	14,72
Tilbagebetalingstid år		År	6,79

I det 3. Businesscase scenarie – undersøges det, om en stor elproduktion fra overdækning af P2 parkering (scenarie P2) og solceller på tage (scenarie P1) økonomisk giver et potentielt årligt højere afkast, når der medtages ladere i P2 scenariet, hvor en del af kapaciteten i sommerhalvåret kan sælges, og en lidt større elproduktion giver en større direkte dækning.

En business case vurderer, som det tidligere er beskrevet, en statisk tilbagebetalingstid – men medtager ikke levetidsafhængige parameter som vedligehold, finansieringsrenter og energi prisændring. Vurderingen af hvor stort et indtjeningspotentiale er afhængigt af levetiden på investeringen. For at kunne vurdere og

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

sammenligne scenarier med forskellige levetider, beregnes en samlet totaløkonomi for 50 år og de samlede omkostninger og fortjenester tilbagediskonteres til en Nutidsværdi, hvorefter de enkelte scenariers samlede økonomi kan sammenlignes.

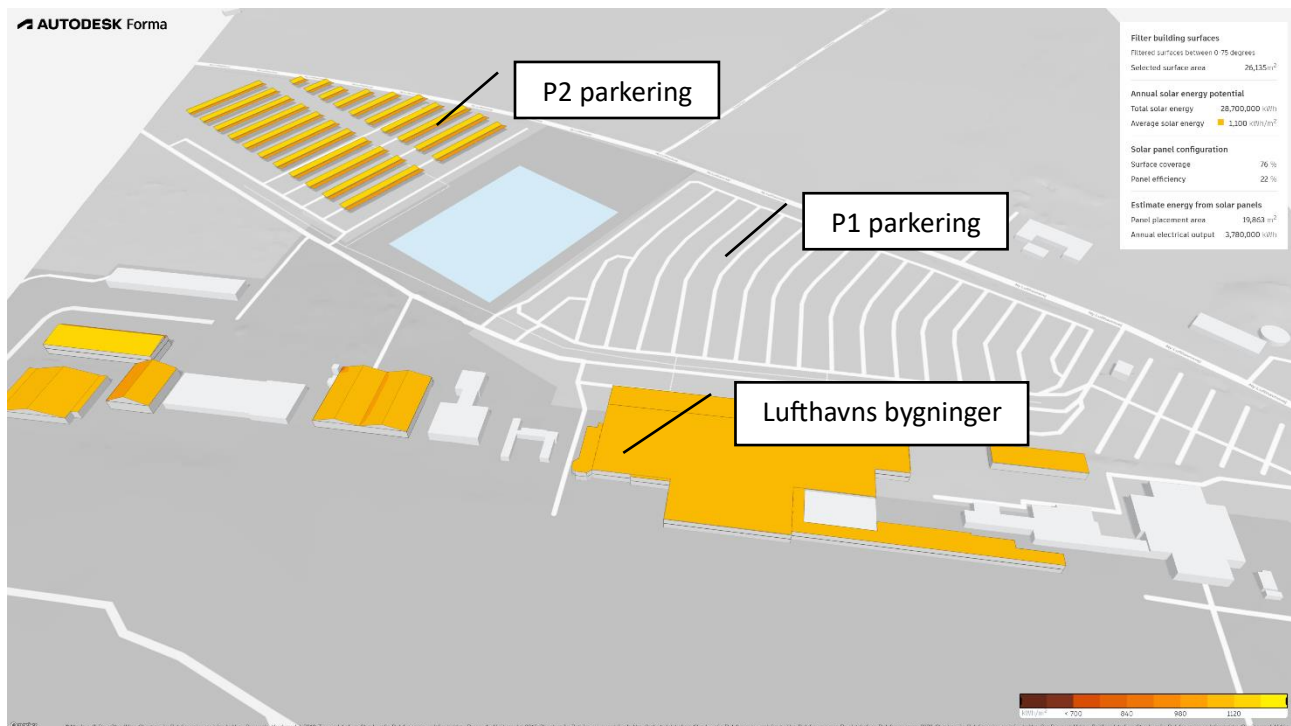
Her skal først opstilles en oversigt over resultater af Business case resultater:

Scenarie	Nutidsværdi (50 år, mio. kr.)	Tilbagebetaling (år)	Pris pr. sparet kWh (ifht. købt)	Grøn effekt (50 år, ton. CO <sub>2</sub> ækv. udledt)	Kommentar
PV1 + Batteri	106,8	4,25 → 13,7*	24x lavere	Meget Høj -609,6	Enkel løsning. Kort TB tid, men usikkerhed om levetid.
PV2 + Ladere	88,5	6,49	4,75x lavere	Høj -483,4	Overdækning + P-afgift. God økonomi, ekstra indtægt.
PV1+2 + Ladere	195,6	6,79	7,8x lavere	Maksimal -1.092,9	Kombination. Bedst samlet økonomi og klimaeffekt.
Status Quo	-304,3	—	—	Ingen 4.249,9	Fortsat elforbrug. Negativ nutidsværdi, stigende omkostninger.

Den samlede sol elproduktion i scenariet "PV1+PV2 med ladere" er beregnet til næsten 3,8 MWh, svarende til 3000 personers årsforbrug eller ca. 840 husstandes elforbrug.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 29 Scenarie PV1+PV2 med ladere omfatter solceller på forskellige tage og en overdækning af P2 parkeringen med solceller. Simulering i et software der medtager orientering og hældning samt evt. skygge påvirkning viser et gennemsnitligt resultat for det solare potentiale på 1.100 kWh/m<sup>2</sup> overflade. Med en vurderet effektiv solcelle belægning på 76% af fladen og 22% panel effektivitet fås ca. 190 kWh output pr m<sup>2</sup> areal udlagt med PV og 3,78 MWh i alt.

Programmet "Forma Solar energy analyses" benytter stedets klimadata og beregninger solindfald hertil. Der benyttes data

totalindfaldene stråling = solresultater \* direkte solstråling + diffus solstråling

Den diffuse stråling beregnes ud fra en model for "ISO tropisk diffus sky":

Isotropisk diffuse himmel model antager, at den diffuse stråling fra himmelkuppen er ensartet over hele himlen. POA-himmelens diffuse bestråling ( $E_{d,iso}$ ) beregnes som en brøkdel af den målte diffuse horisontale bestråling (DHI) som:

$$E_{d, iso} = DHI \times \frac{1 + \cos(\theta T)}{2}$$

, hvor  $\theta T$  er vippevinklen på panelet. Den direkte solindstråling medtages for den tid hvor der ikke er skygge på fladen, mens den indirekte eller diffuse solstråling medtages for hele den potentielle sol tid. Modellen benyttes for at kunne simulere indflydelsen ved forskellig hældning orientering, og til at beregne output for alternative scenarier hvor Paneler opsættes standard med en 45 graders hældning på et markareal.

### Model materiale for klimaberegning

En klimaanalyse er udført i programmet LCAbyg for alle scenarier. Programmet indeholder materialedata for de fleste materialer i en materialedatabase. Data herfra kan anvendes til beregning af klimaemission. Ved at anvende produktspecifikke materiale værdier baseret på EPD miljø certifikater opnås et mere konkret og ofte lavere resultat. Der er i dette projekt indhentet produktspecifikke data for solceller og CLT-elementer, samt skruefundamenter, der udgør de væsentligste elementer.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Mængder til beregningen indhentes fra 3D modellen, der indeholder digitale mængdeskemaer.

Normalt er en LCA-klima beregning baseret på en bygningsmodel – der indeholder værdier for CO<sub>2</sub> værdier for materialer og fra energi til driften af bygningen. Det er CO<sub>2</sub> der udledes til atmosfæren når der bruges energi til opvarmning og drift af ventilation mv. I dette tilfælde er der ikke direkte tale om en bygnings klimabelastning, men om et anlæg, der indeholder et solcelleanlæg, der direkte reducerer en bygnings energibehov. Derfor medtages den andel, der bidrager til en bygnings klimareduktion, i beregningen, dvs. den energiandel, som solceller producerer og direkte dækker, i et bygningsforbrug medtages. Solenergi der produceres, men ikke dækker et forbrug, og som derfor sendes til nettet, medtages ikke i klimabalancen.

# KRINNER

## 5. LCA: Results

The following table summarises the results of the LCA. The results of the estimated impact do not make any claims regarding impact category limits, exceeding threshold values, safety levels or risks. Long-term emissions (> 100 years) are not taken into consideration in the estimated impact. The impact assessment is based on the evaluation method in accordance with EN 15804.

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; ND = MODULE OR INDICATOR NOT DECLARED; MNR = MODULE NOT RELEVANT)

Product stage			Construction process stage		Use stage							End of life stage				Benefits and loads beyond the system boundaries
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	X	X	X	X	X

Figur 30 Oversigt over de faser i en produktion der indgår i en beregning af CO<sub>2</sub> udledningen i forbindelse med Produktion (A1-A3) og ved demontering, nedbrydning og recirkulation (C1-C4). Oversigten er fra EPD miljøcertifikat for skruefundament og følger EU normen EN 15801.

I en produktion af materialer bruges energi. Herunder ses de processer der indgår i fremstilling, byggeri- og ved demontering og recirkulation af CLT-træ elementer. En række af fasernes energi omstilles i disse år til grøn energi som el fra vandkraft, vind eller sol. Derved reduceres CO<sub>2</sub> udledning forbundet med energiforbrug. Energi intensive faser vil dog altid indeholde en CO<sub>2</sub> udledning. F.eks. er CO<sub>2</sub> udledning afhængig af hvornår der beregnes da energisystemet består af stigende mængde grøn strøm – falder CO<sub>2</sub> udledningen. Frem mod 2050 forventes solceller at stå for 24% af elproduktionen. Andel af CO<sub>2</sub> forbundet med solcelletypen eller placeringen på mark- eller tag er ikke vægtet i den bagvedlæggende rapport der beregner CO<sub>2</sub> fra fremtidig elproduktion. Denne rapport resultater viser at der er forskel på effekt / m<sup>2</sup> panel og pr. m<sup>2</sup> system udlagt (den areal specifikke CO<sub>2</sub> udledning). Endnu større er effekten på den producerede strøm hvis den kan anvendes til direkte dækning i et energifællesskab – i forhold til hvis strømproduktionen sker i et markbaseret anlæg – hvor strømmen sendes til nettet, og ikke fortrænger et lokalt energiforbrug direkte.

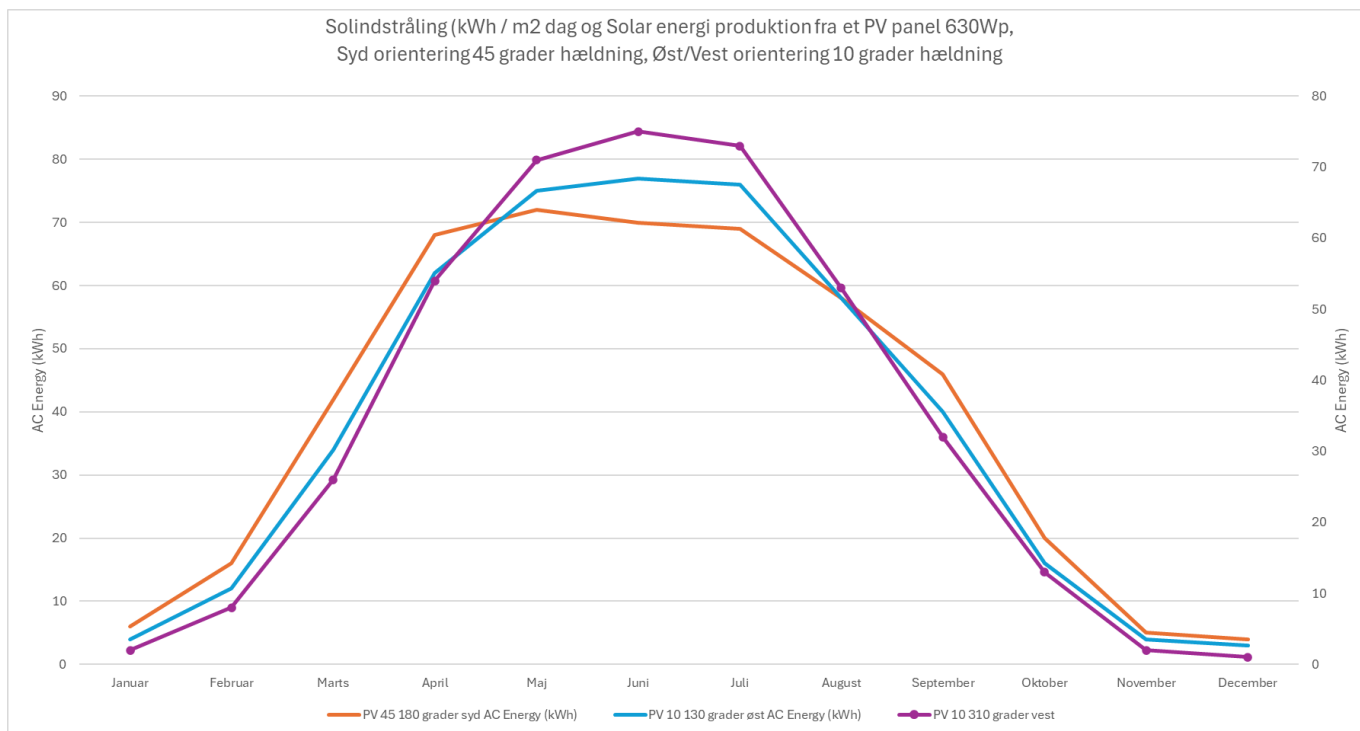
Resultat for klimaberegning medtager den energiproduktion, der fortrænger et energiforbrug i bygningen, som ligger lokalt indenfor matriklen, i dette tilfælde lufthavnens, reducerer el-forbruget i lufthavnen. Herefter opgøres det samlede CO<sub>2</sub> aftryk. Placeres et solanlæg på en mark udenfor matriklen, vil den producerede energimængde blive sendt til nettet og ikke dække et direkte forbrug eller fortrænge et el energiforbrug.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Analyse scenarie resultat over PV-anlæg viser således forskellig klimaeffekt afhængigt af, hvor lokalt forankret anlægget er.

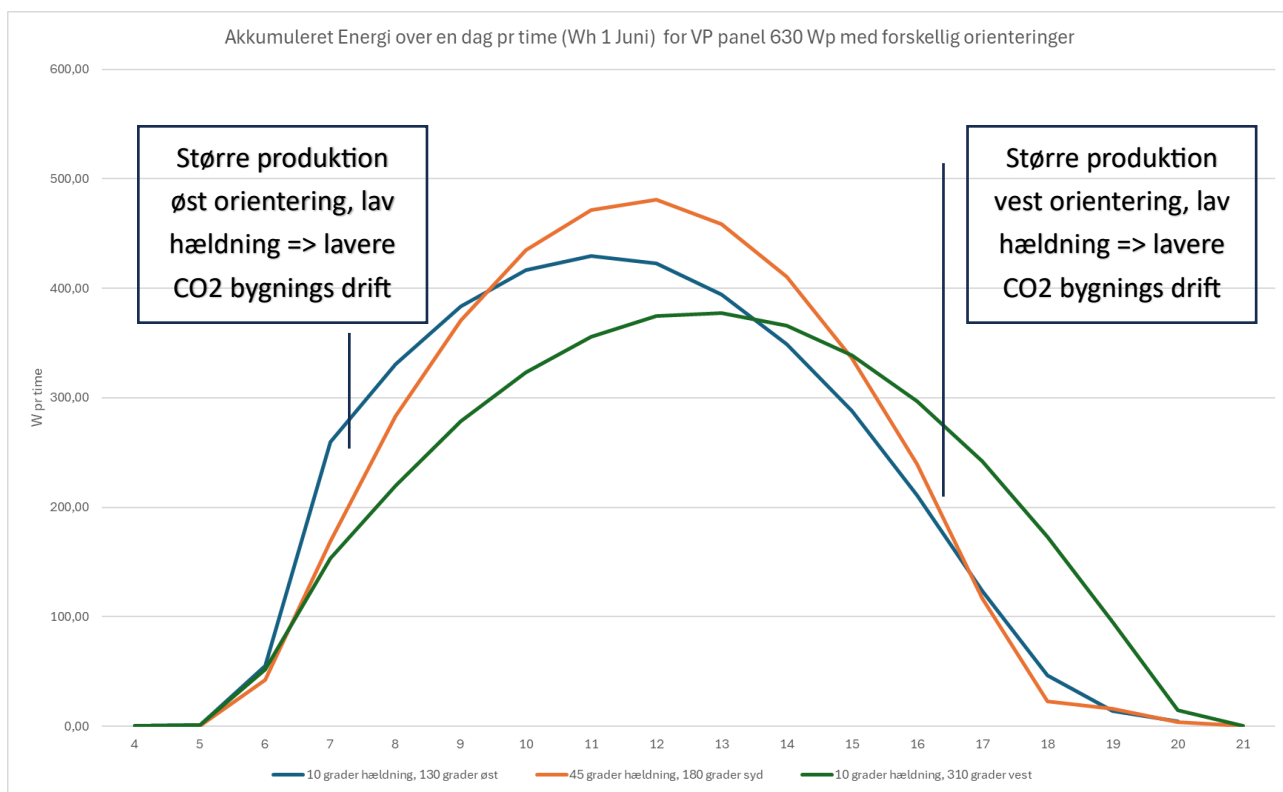
Hertil kommer effektiviteten af anlægget. Hvis et anlæg placeres syd orienteret med en 45 graders hældning opnås det største solare energipotential, men solenergiens effekt ligger indenfor nogle færre timer midt på dagen. Placeres panelerne med en solorientering der mere horisontal og øst/vest orienteres falder effekten, men til gengæld sker produktion fra formiddag til aften, så en større del af det daglige energibehov kan dækkes.



Figur 31 Orientering og hældning har betydning for den samlede energi produktion. Henover sommerperioden giver flere soltimer en større solar produktion af paneler der orienteres øst-vest og med lav hældning, her 10 grader simuleret. En standard hældning på 45 grader og syd orientering giver forår og efterår hvor solen står op i syd-øst og går ned syd-vest en lidt større samlet produktion.

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

## Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 32 Analyseres produktionen pr. time ses det at en øst-vest orientering og svagere hældning "fordeler" energiproduktion ud over flere timer. Det har betydning for hvor meget energi der kan dækkes direkte af energiproduktionen. Et Markanlæg med 45 graders hældning og syd orientering vil producere mest el indenfor et kort tidsrum. Markanlæg der placeres udenfor matriklen vil dog ikke kunne dække et bygningsbehov direkte. PV-anlæg med lav hældning placeret på bygninger eller matriklen vil potentiel kunne dække en større andel af en bygnings energi behov og derved bidrage til et lavere drift CO<sub>2</sub> udledning.

Hældning på solceller	VEST	SYD VEST					SYD					SYD ØST					ØST					
	90°	60°	45°	30°	15°	0°	15°	30°	45°	60°	90°	90°	60°	45°	30°	15°	0°	15°	30°	45°	60°	90°
0°	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
5°	86	88	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
10°	86	89	91	92	93	93	93	93	92	91	89	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
15°	85	90	92	94	95	95	95	94	92	90	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
25°	83	91	94	97	98	99	98	95	94	91	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
30°	81	91	94	98	99	100	99	97	94	91	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
35°	80	90	94	97	99	100	99	97	94	90	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
40°	78	89	94	97	99	100	99	97	94	89	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
45°	77	88	93	96	99	99	99	96	93	88	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
60°	70	83	88	93	94	94	94	92	88	83	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
70°	66	78	82	86	88	88	87	86	88	78	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
90°	44	64	68	70	72	72	72	70	68	64	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44

Figur 33 traditionelt opsættes solceller med en syd orientering og vinkelret mod solen i sommermånederne. En fordeling af strømforbruget og fald i panel kostpris gør det dog i højere grad interessant at oplægge solpaneler med lavere hældning og orientering. For at opnå selvrensning af panel anbefales dog min. 10 grader hældning.

## 4 Digital 3D Model og visualisering af PV skov struktur og grafisk informationsmateriale

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Til simulering er der udarbejdet en 3D model der anvendes til udarbejdelse af visualiseringer af modulet i en større kontekstuel sammenhæng. 3D modellen er også anvendt som rummelig model i beregnings software som FORMA energy simulation. Revit modellen omfatter komponent databaser der kan udbygges med konstruktive data for bygnings dele og komponent data for energi komponenter som PV-paneler.

I dette projekt for et energifællesskab baseret på overdækning af store parkeringsarealer, bliver strukturen i modulet et vigtigt element for oplevelsen helheden. Modellen er i detaljeringsgrad målrettet anvendelse som rummelig model for visuel kommunikation af det enkelte modul og til illustration af hvordan et modul kan sammensættes til større helheder.

Designet skal fremstå ærligt, transparent og vise funktion som overdækning og anlæg for produktion af naturlig solar energi. Anlægget skal kunne under deles i midten og etableres med eller uden grøn rabat imellem symmetrisk anlagte parkeringer. I forhold til parkering ved en lufthavn var oplægget at det også skulle vise en sammenhæng hertil.

Arkitektonisk er der sket en udvikling gennem det sidste århundrede fra det der i dag kaldes "organisk arkitektur" til begrebet "bæredygtig arkitektur". Bæredygtig arkitektur kan udtrykke en organisk stil der efterligner organiske ofte buede former. Der kan være store glasåbninger der trækker omgivende natur rumligt ind og materialevalg kan være rene naturmaterialer. Samlet kan arkitekturs påvirkning på omgivelserne også "vejes". Det samlede ressourceforbrug kan kortlægges og klimapåvirkning beregnes.

Formgivning der har naturen som "genvej" for bæredygtighed arbejder så vidt muligt med ubehandlede naturmaterialer og den rene funktion der i sig selv danner et samlet formudtryk med farver, stoflighed, struktur og materialebaseret sanselige teksturer. Formgivning gengiver f.eks. landskabets og træers vækstform og deres måde at modvirke tyngdekraften på ved at forstærke overgange. For snart 90 år siden skabte den amerikanske arkitekt en "skole" for "organisk arkitektur". Bygningen er et eksempel på hvordan omgivende bjerges hældning gengives i tagets hældning og bliver til en gennemgående geometrisk strukturerende og rytme i rummet. I Taliesin West opførtes "sol – fælden" der som et blad filtrerer sollyset og giver boligen og workshoprummet – et behageligt filtreret lys i ørkenen. Taget bestod oprindeligt af canves tekstil opspændt mellem træribber.



*Figur 34 Arkitekten Frank Lloyd Wrights åbnede i sin arkitektur rummet op til omgivelserne og lod naturmaterialer farve rummet. Den organiske struktur var inspireret af naturens egne. Blades ribber og grenes bærende formstruktur er vist tydeligt i struktur og form. Dagslysfald og kig til himmel og træer gør sammenhængen letforståelig og umiddelbar. Det er en "genvej" for forståelsen af hvad bæredygtig arkitektur er – bygget af eleverne og for elever som konkret inspirationskilde.*

Produktionstekniske anlæg der indgår i den grønne omstilling, skal arkitektonisk virke som en naturlig "genvej".

Det er her energi-flow bliver synlig, og det er her man umiddelbart kan "tanke" energi i form af grøn solenergi via ladere til elbilen. Det er også her de fleste rejsende der ankommer i bil "lander" og møder en bygning struktur der både tillader lys at komme igennem strukturen og omdanner den til energi. Placering af Inverter pr. modul og ladere gør det til et letforståeligt anlæg.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

CLT-træstrukturen er fra produktion leveret overfladebehandlet så den synlige træstruktur og farve ikke skal males eller vedligeholdes, men patinere naturligt over i gråsløv med tiden.

Solceller er mono krystallinske med et ensartet roligt krystal struktur. Overfladebehandling og hældning på 10 grader reducerer udgifter til vedligehold og rengøring.

Mellem de 2 ”blade” med solceller afledes regnvandet til en rabat hvor regnvand nedsives og skyggetålende planter kan gro.

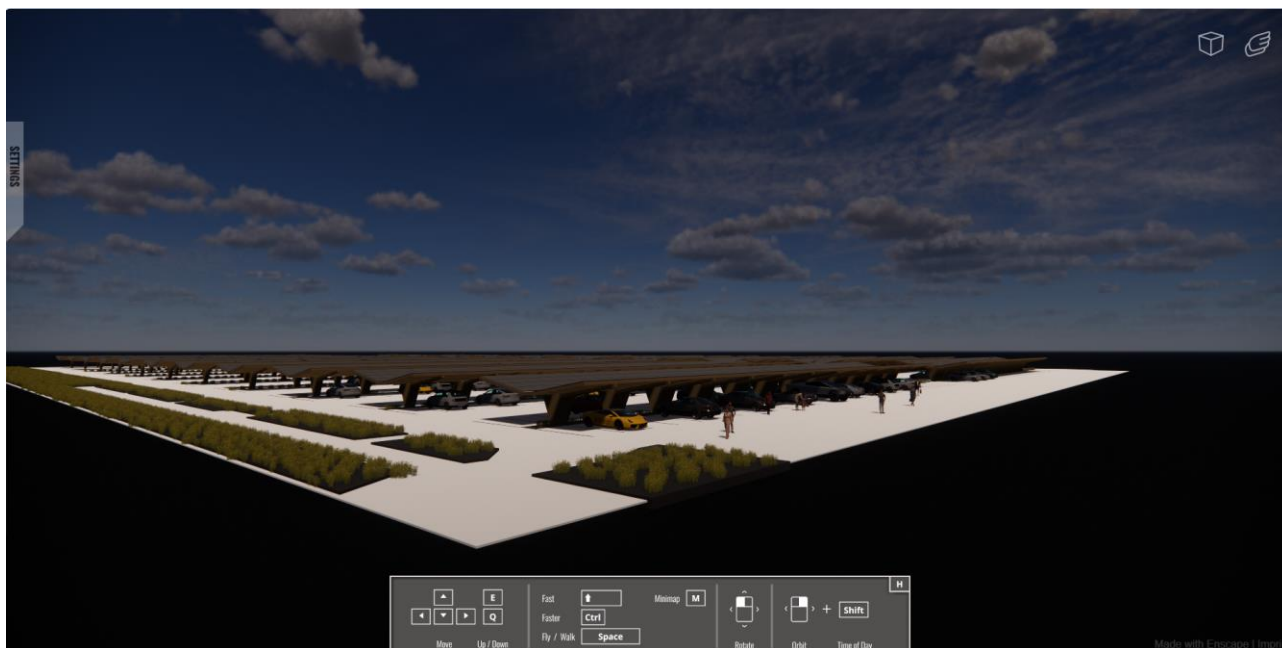


Figur 35 3D visualisering PV skovstruktur

Projektet er tænkt som en ”genvejs ikon” for vejen til grøn omstilling. En genvej er ofte det vi møder i parker hvor trædestier synlig gør der hvor det er naturligt at bevæge sig hen med mindst mulig ”modstand”. Genveje er også dem vi ligger på skærmen – når vi hurtigt skal finde hen til et sted – på en overskuelig og let struktureret måde. Der er i materialer og struktur en hurtig grafisk genkendelighed til træer og naturlig vækststruktur. Skala og modul er fleksibelt. Det enkelte modul kan udformes højere, adderes til større sammenhænge og udgøre større helheder som små ”sol skove” – med grønne biotoper imellem.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 36 Link til 3D model. Klik på model linket der åbner i en browser. [Enscape Web](#)<sup>7</sup>. Virker linket ikke indsættes URL adressen fra reference nederst.

Klik på linket her og se modellen (modellen tager et stykke tid at loade):

[Enscape Web](#)

En digital model er udformet hvor det er muligt selv at bevæge sig rundt og få et indtryk af den landskabelige skala, den rummelige skala ved bil og personer og en oplevelse af materialitet ved forskelligt dagslys.



Figur 37 "Solcelle-skoven" er udformet som 3D model så det på samme måde som Frank Lloyd Wrights Workshop opført i ørkenen, er muligt selv at få en forståelse og en rumlig oplevelse af arkitekturen – i stedet for kun at beskrive dette i tekst og tegning. Modellen er ment som et arkitektonisk "ikon" for den grønne omstilling i dobbelt betydning. Både som en hurtig måde at forstå og opleve projektet på – en genvej, men også som et "genvejs symbol" – sådan et man ligger på skærmen – når man vil opnå en hurtig vej hen til et sted.

<sup>7</sup> <https://api2.enscape3d.com/v1/view/99d7337a-d598-4827-9605-1bf61f4c8f50>

## 5 Total økonomisk analyse LCC Investering, service og vedligeholdelsesudgifter over levetid, forsyning (produktionspris kWh grøn el og kost pris El net Danmark).

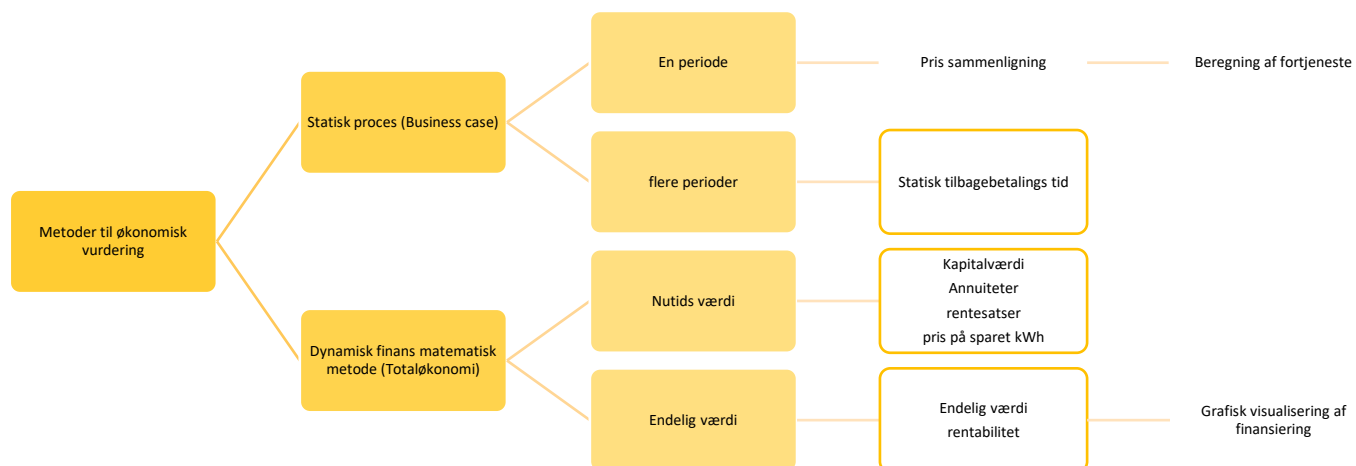
Til at vurdere investering med lang levetid er en statisk amortisations tid eller tilbagebetalingstiden indtil en investering lønner sig, ofte ikke tilstrækkelig. Bygninger og bygningslignende anlæg har ofte længere levetid og omkostning end investering i tekniske installationer.

	Investering A (Teknisk komponent – kort levetid)	Investering B (Bygningsanlæg – lang levetid)
Start kapital	1.125.000 kr.	1.125.000 kr.
Årlige omkostningsbesparelser	225.000 kr.	187.500 kr.
Amortationstid	<b>5 år</b>	6 år
Amortisationstiden er kortest for scenarie A, der tilsyneladende er det mest fordelagtige valg pga. den korte tilbagebetalingstid.		
Levetid	10 år	15 år
Overskud efter amortisationstiden	1.125.000 kr.	1.687.500 kr.

På grund af længere levetid er scenarie B alligevel mere fordelagtig end scenarie A!

Derfor benyttes en Totaløkonomisk dynamisk model der kan medtage forskellige investeringer i løbet af levetiden samt renter og prisers udvikling og indflydelse på den samlede endelig værdi og rentabilitet. De samlede pengebeløb der påløber i en levetids – beregningsperiode på 50 år medtages og tilbagediskonteres til en Nutidsværdi. På den måde bliver det muligt at sammenligne forskellige scenarier der har forskellige levetider, vedligeholdelses satser, og forskellige indvirkninger på energibesparelse.

## Beskrivelse af simpel økonomisk model og dynamisk model



Figur 38 Økonomisk model, Simpel model og dynamisk model

Den dynamiske beregning er udført i LCCbyg version 4.0.52. Softwaret er udarbejdet af BUILD, det tidligere SBI (statens Byggeforsknings Institut). Programmet har skabeloner for beregning af økonomiske scenarier for store offentlige anlæg- og renoveringsinvesteringer der indeholder fastlagte prisudviklings scenarier, rentesatser for kapital og inflation mv. Det er også muligt at medtage klimaeffekter på diverse scenarier således at ikke bare økonomi, men også klimapåvirkninger er et synligt beslutningsgrundlag. De samlede beregnede klima reduktioner bliver værdi sat med "skyggepriser" således at det er muligt at vurdere projektets klimaeffekt op imod en reference ramme.

En bredere introduktion til LCC (Life Cycle Costing) eller TCO Total Cost of Ownership kan findes på hjemmesiden, se link herunder<sup>8</sup>

<sup>8</sup> [https://historisk.bygningsreglementet.dk/file/554544/introduktion\\_lcc.pdf](https://historisk.bygningsreglementet.dk/file/554544/introduktion_lcc.pdf)

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

## Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

The screenshot displays a web application interface for project management. At the top, there is a navigation menu with options like 'Start', 'Projektoplysninger', 'Målsætninger', 'Forsudsætninger', 'Bibliotek', 'Præsentationer', 'Miljøpåvirkning', 'Skjemaer', 'Alternativer', 'Resultater', 'Tabeller', 'Figurer', 'Hovedposter', 'Opsummeret', 'Individuel', 'Opsummeret', 'nudsættelse', 'Årlig', 'tilbageblik', 'hovedposter', 'GWP opsommeret (CO2-ækv.)', 'Opsummeret', 'skjemaer for CO2-ækv.', 'Dashboard', 'Sammenligninger', 'Alternativer', and 'Rapporter'. Below the menu, there are three main sections: 'Sags- og boligoplysninger for projektet', 'Kontaktoplysninger for projektet', and 'Ekstra kontaktoplysninger'. The 'Sags- og boligoplysninger' section includes fields for 'Energifællesskab administrator Aarhus Lufthavn', 'Boligorganisation/Bytterne', 'Ny Lufthavnvej 24, 8560 Kolind', 'Bygesags adresse', '25 xxx', 'LBF-nr.', '1', 'JNR', and 'AAR'. The 'Kontaktoplysninger' section includes fields for 'Energifællesskab', 'Rolle', 'SD /Administrator Aarhus Lufthavn', 'Kontaktperson/Projektleder', 'sd@bjergh.nu', 'E-mail', '98927100', 'Telefon', and '29452854'. The 'Ekstra kontaktoplysninger' section includes fields for 'Administrator, Agnete Roesdahl Operations Assi', 'Rolle', 'agnr@aar.dk', 'E-mail', '+45 22 88 62 56', 'Telefon', and 'AAR'. A large text area on the right contains a list of bullet points: '- Uværetning LU parkering, UV2 reduceret materiale og arm, men e-moduliet', '- Overdækning CU parkering, CO2 reduceret materiale og drift.', '- Solceller opstillet på mark', '- Fladt tag renoveret med solceller, CO2 reduceret.', '- Overdækning standard konstruktion stål.', '- Overdækning CU parkering, CO2 reduceret materiale.', '- Status quo - baselne scenarie'. Below the list is a note: 'Set fra et klimamæssigt perspektiv er de fire løsninger med solceller angivet nedenfor i prioriteret rækkefølge fra top til bund, hvor førstnævnte er den mindst klimabelastende løsning over en 50-årig periode, mens Projektbeskrivelse'. The interface also features a 'MENU' button, a 'Projektoplysninger' button, and a search icon.

Figur 39 LCCbyg oversigt over Software programmets indhold.

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

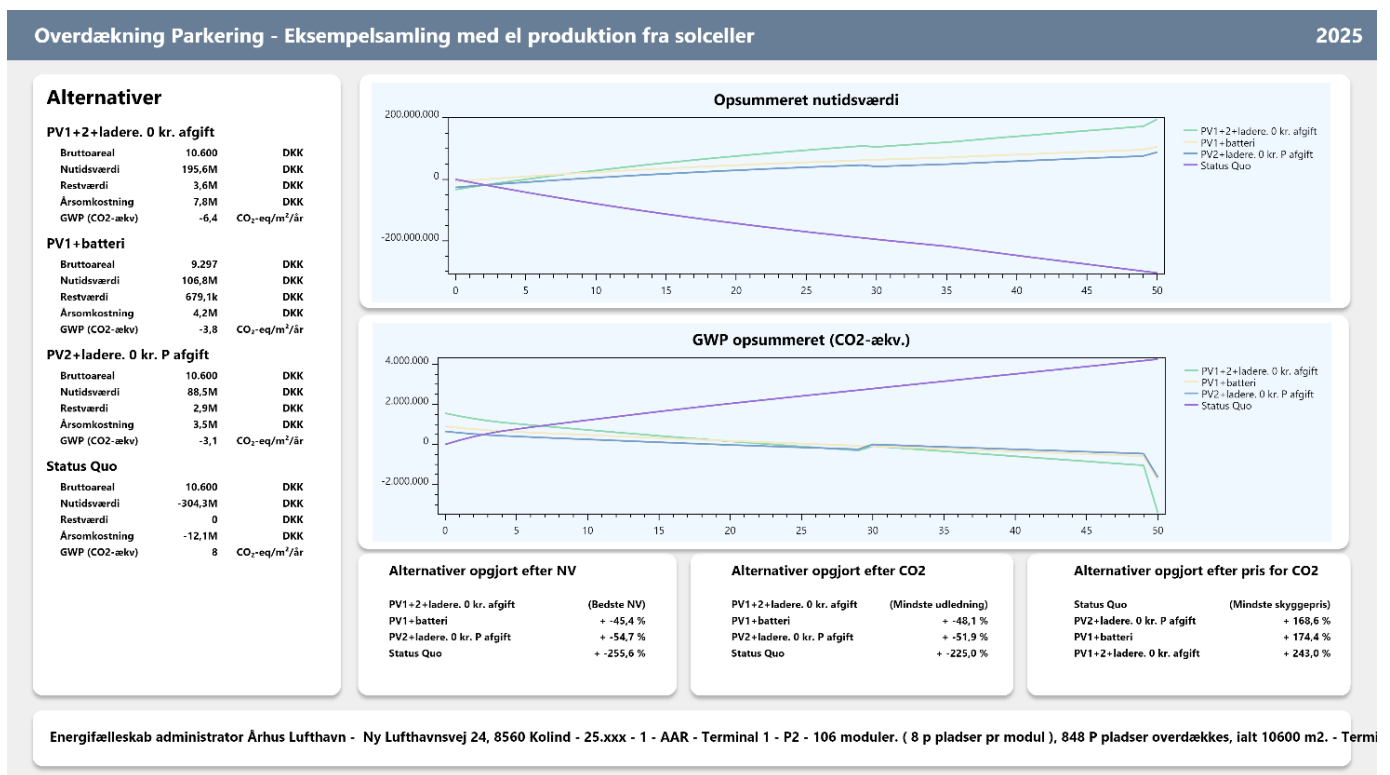
## Resultater

De 3 scenarier der er beskrevet i afsnit om Businesscase er vist herunder for Nutidsværdi, Restværdi udover beregningsperioden på 50 år, Årsomkostning og samlet klima effekt GWP beregnet som CO<sub>2</sub> -ækv./m<sup>2</sup> / år.

Scenarier er listet efter

1. totaløkonomisk Nutidsværdi (Bedste Nutidsværdi)
2. klima udledning (laveste samlede udledning)
3. Pris for CO<sub>2</sub> reduktion (mindste skyggepris)

Scenariet Status Quo er medtaget som reference scenarie der viser omkostningsudvikling for energjudgift i beregningsperioden.



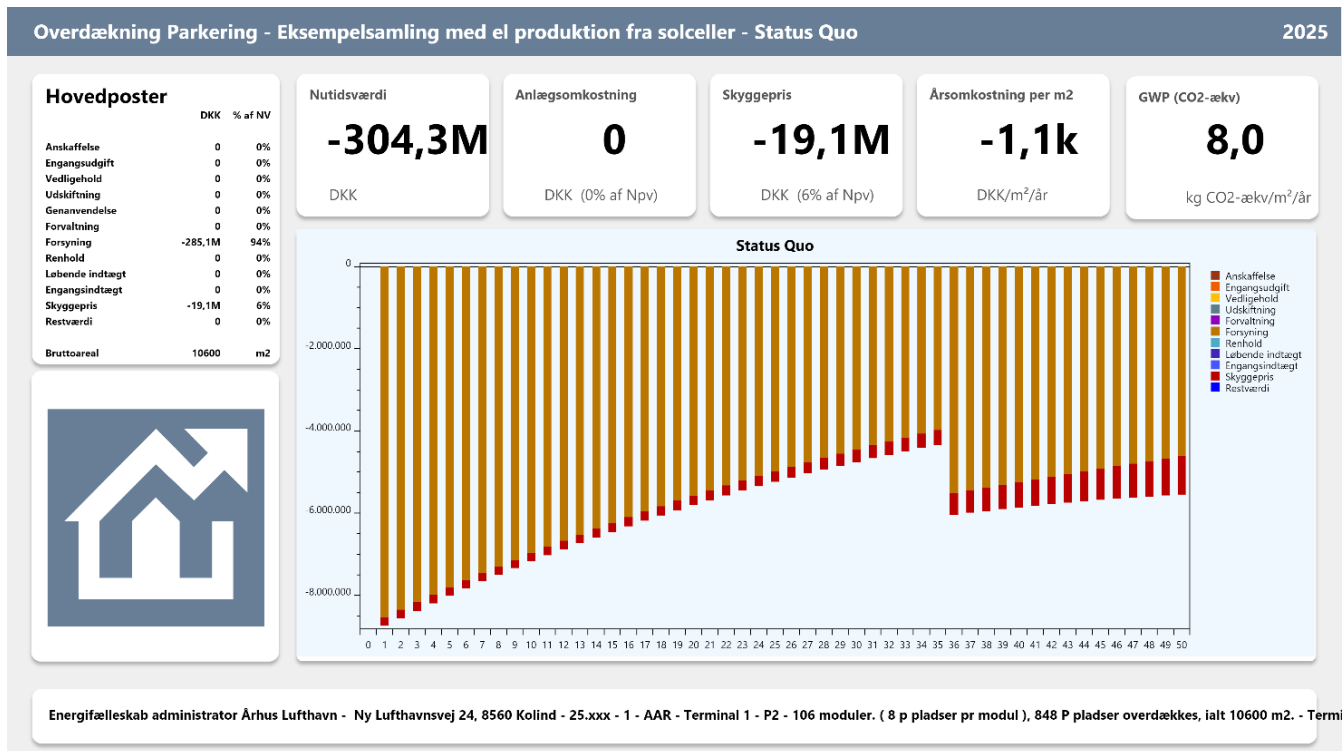
Figur 40 Dashboard med oversigt over Levetidsøkonomi for scenarier PV1, PV2 og PV1+PV2 samt reference scenariet Status Quo.

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

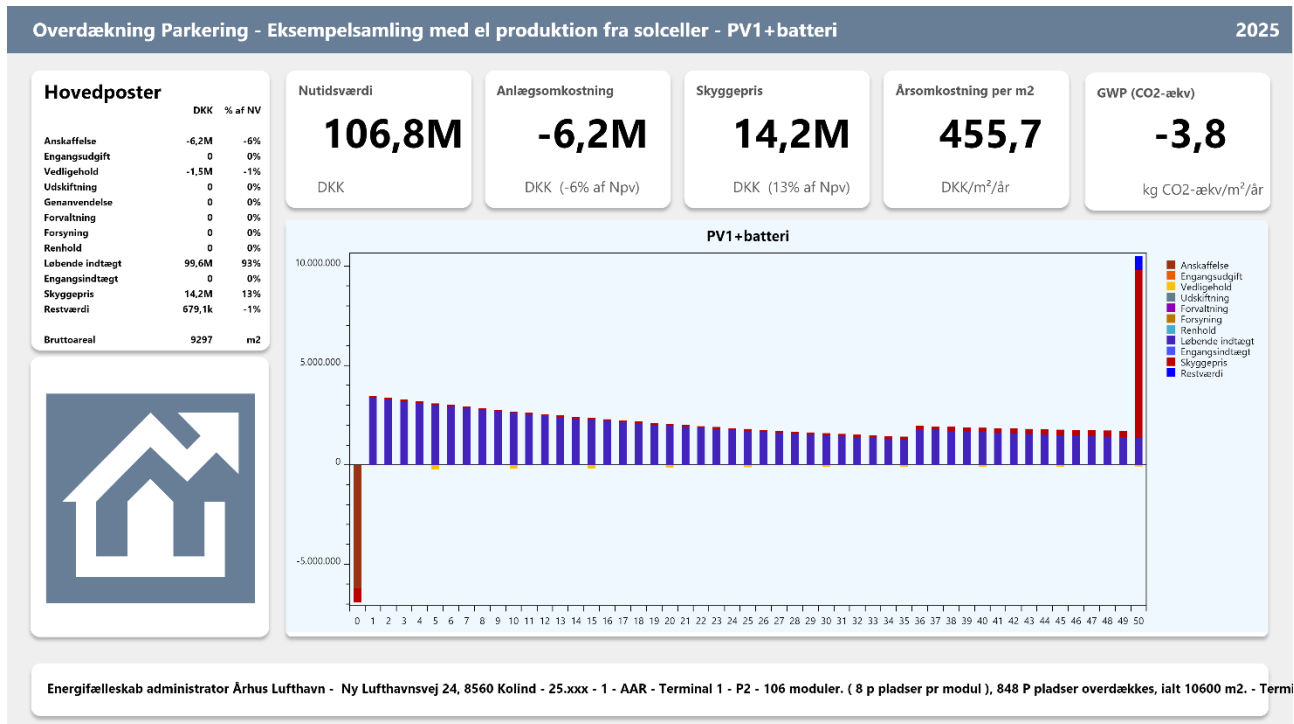
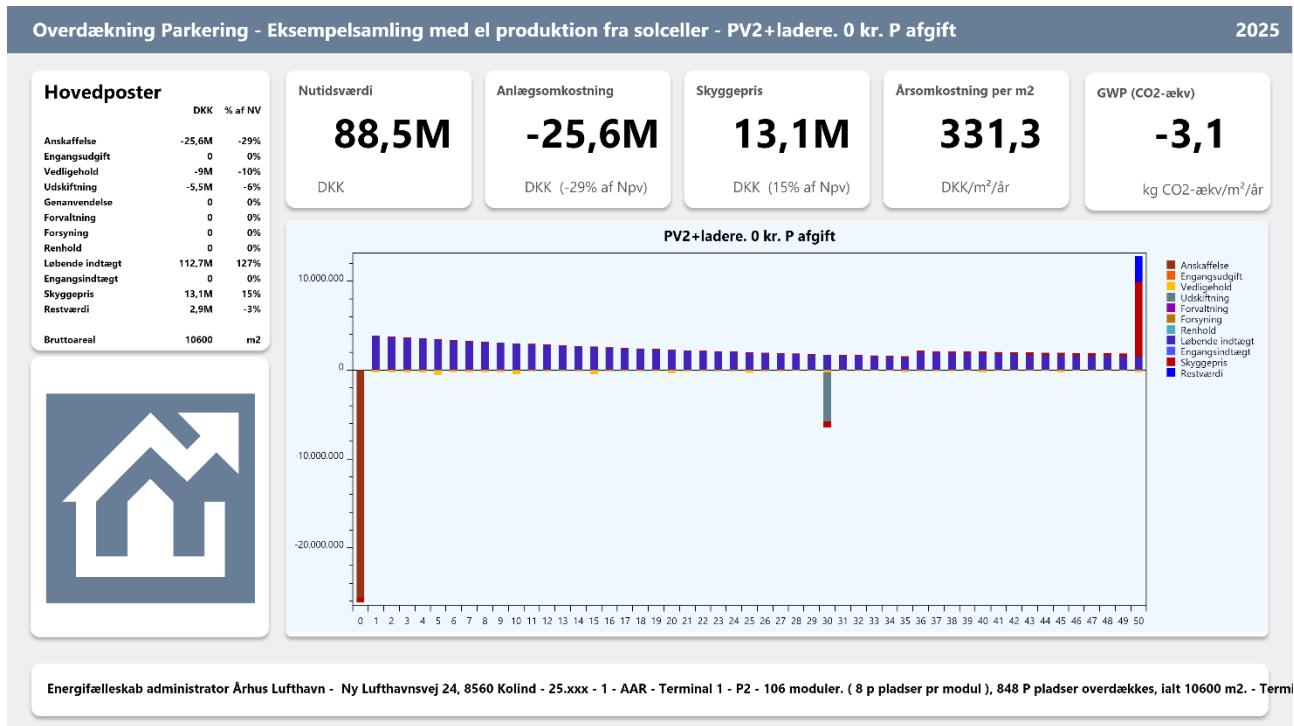
## Dashboards

For hvert scenarie er der udarbejdet et Dashboard over de vigtigste beregningsresultater. Oversigten skal hjælpe med at give et grafisk resultat billede og et overskueligt billede af resultaterne grafisk. Herunder vises som eksempel Status Quo scenariet og scenariet PV2, PV1 og til sidst PV1+PV2 scenariet der er det mest fordelagtige med den højeste Nutidsværdi.



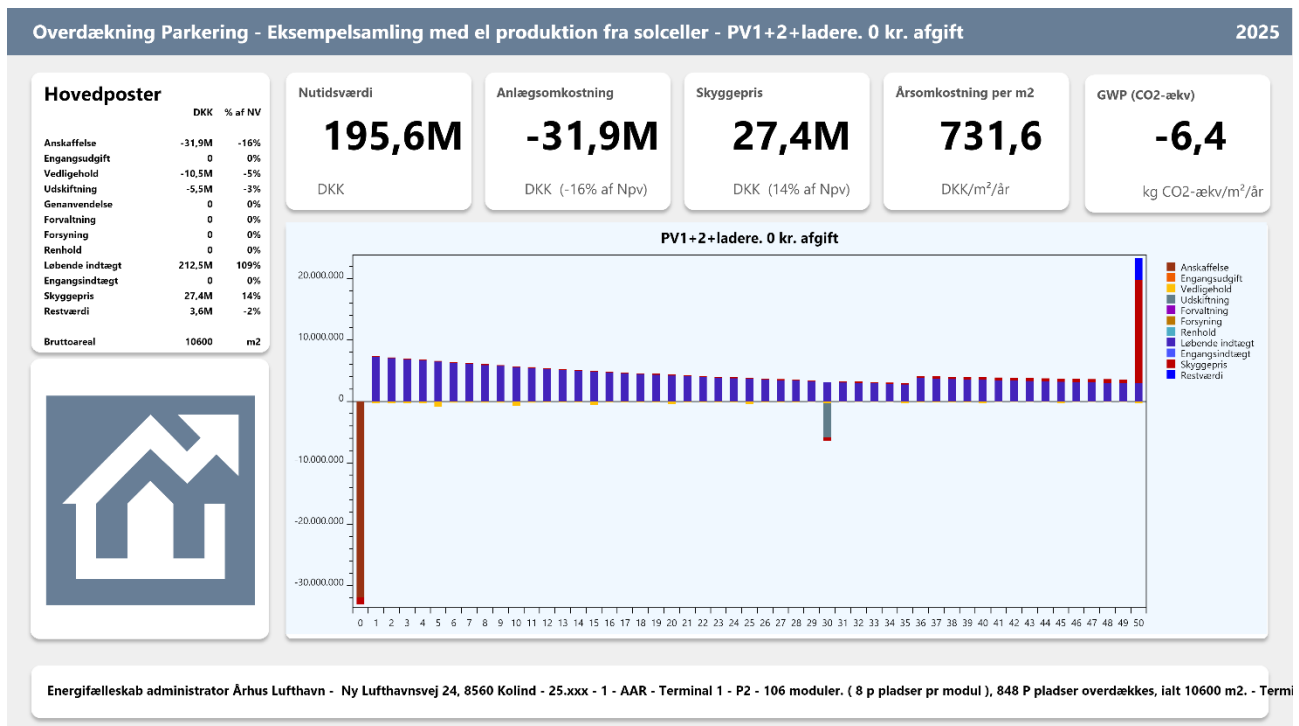
# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

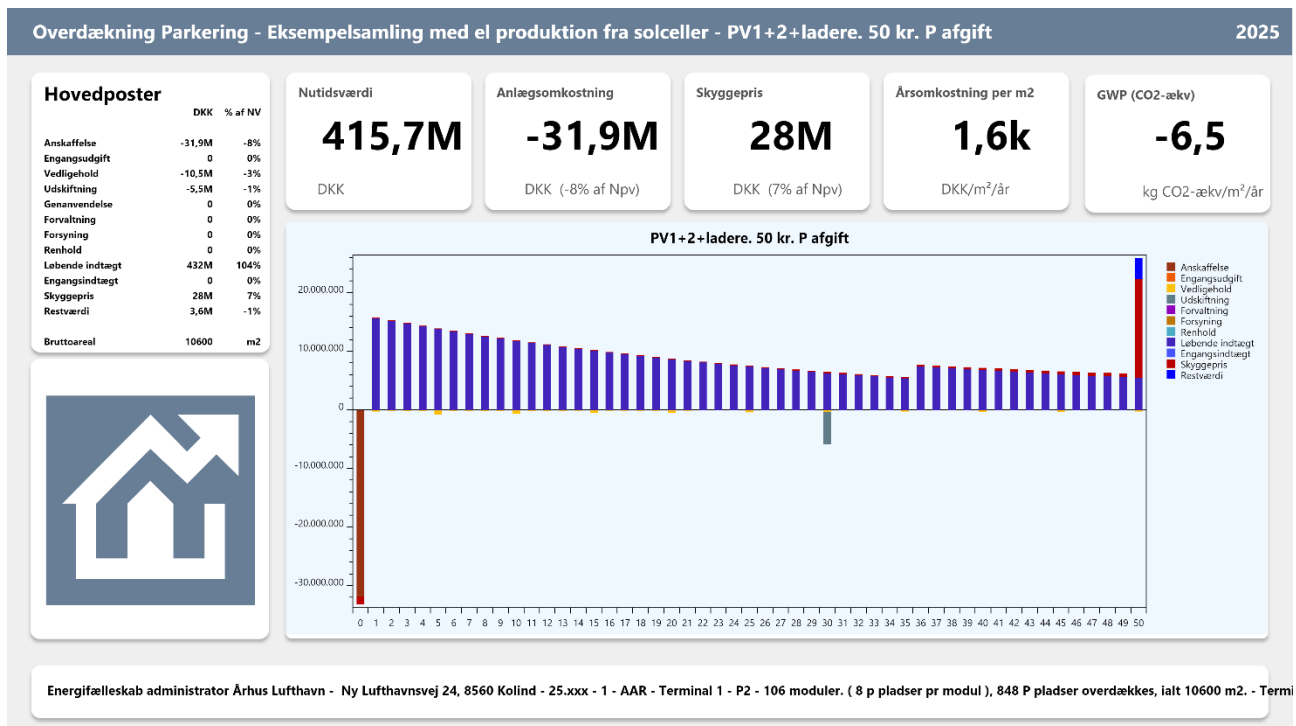
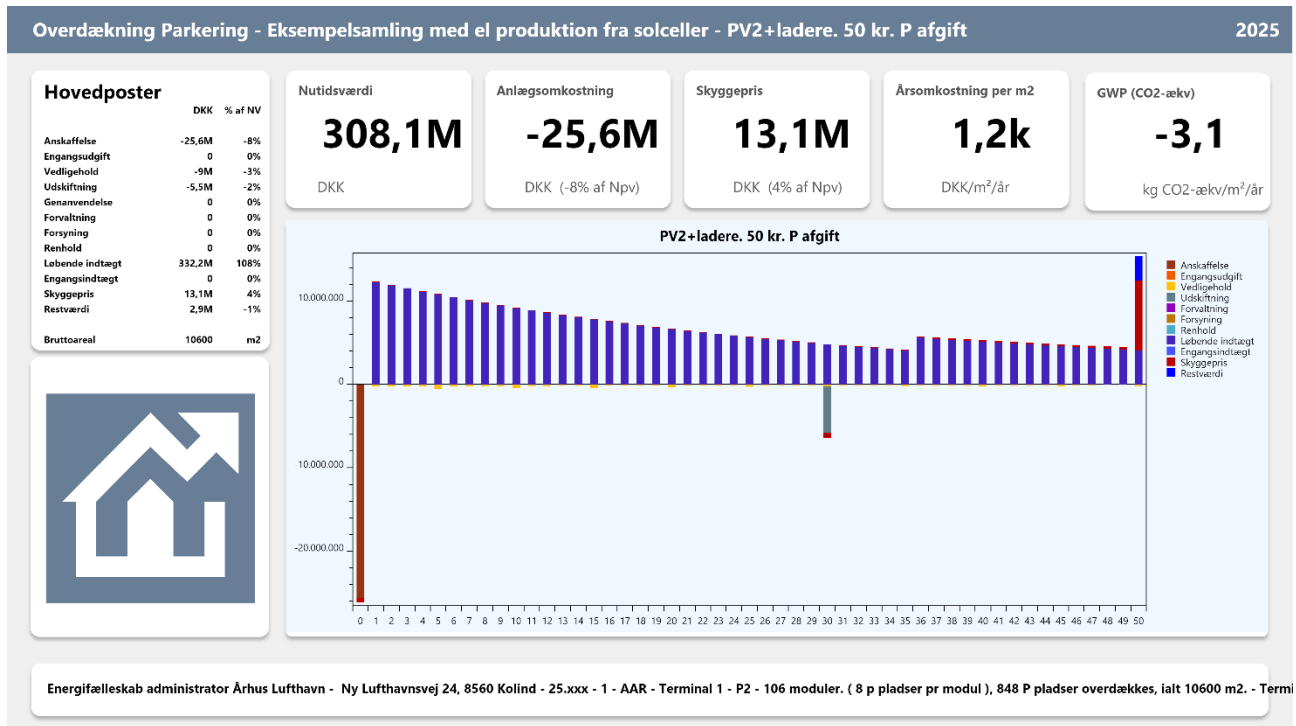


## Scenarier med P afgift

I afsnit om Business case blev det synliggjort at energi sendt til nettet med fordel kan afsættes til ladere for salg til elbiler. Værdiansættelsen af at anlægge solceller over en parkering gør det synligt. Når designet for energiproduktion ved parkering giver ly for bilen der står parkeret i længere tid og det er muligt at tanke el til en lavere sats hvis der parkeres i længere tid, er det forventeligt at der kan sættes en højere afgift for parkering. Denne værdiansættelse af solceller placeret som overdækning af et parkeringsareal – i forhold til ingen overdækning og mulighed for at lade elbil er medtaget i ekstra scenarier hvor PV2 indgår. Afgift forøgelsen er vurderet ud fra forskelle mellem parkeringskategorier P1 og P2 i Aarhus Airport og parkeringskategorier med lader i Kastrup. Der er udført scenarier med P afgift på 50 kr. forøgelse og 90 kr. forøgelse. Resultat oversigter og slut resultat Dashboard er indsat herunder:

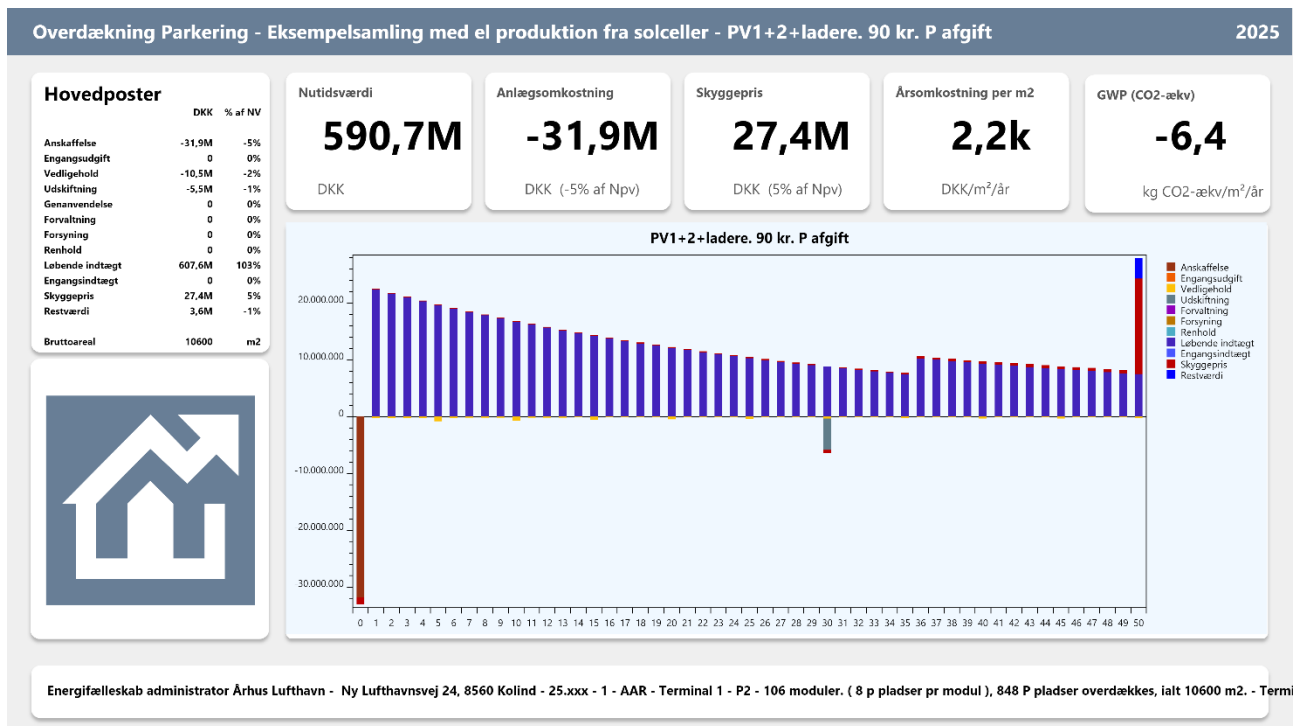
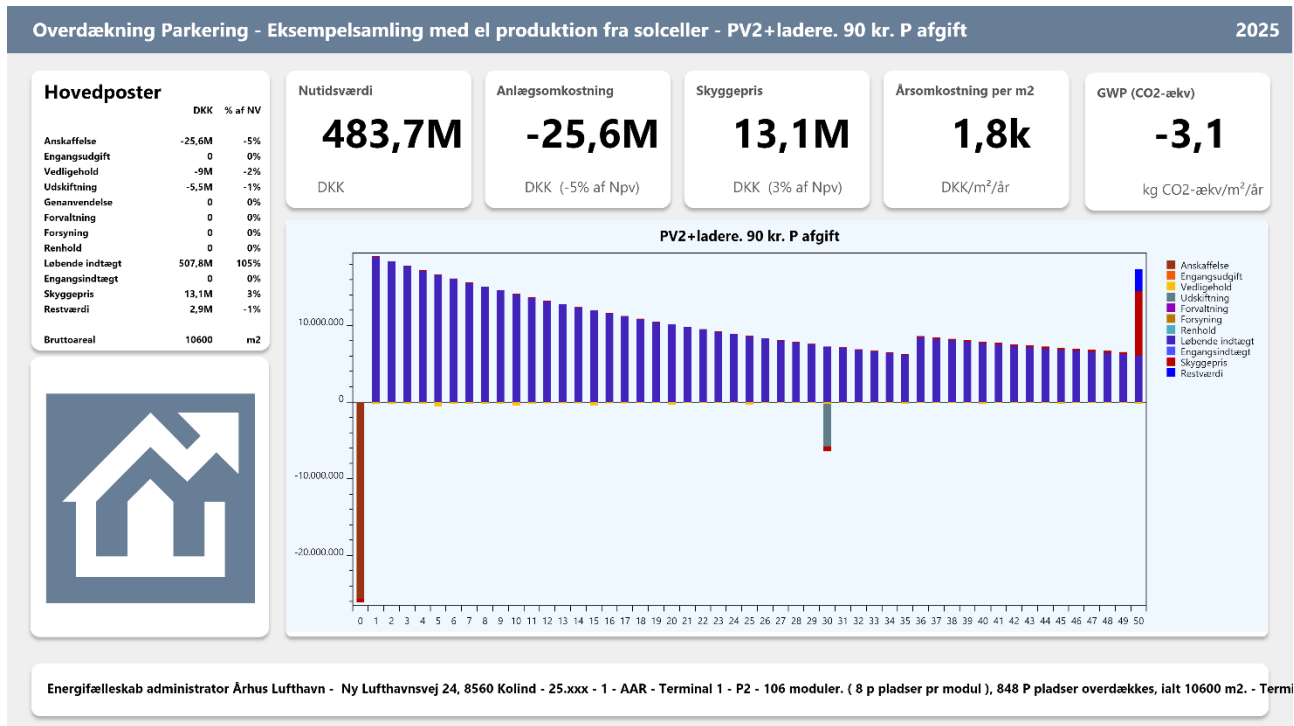
# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Table 10 Oversigt i tabel form af de enkelte scenarier fordelt efter sum af Nutidsværdi.

Navn	Anskaffelse	Vedligehold	Udskiftning	Forsyning	Løbende indtægt	Skyggepris	Restværdi	Nutidsværdi	Årsmkostning
PV1+2+ladere. 90 kr. P afgift	-31.859.890 kr.	-10.455.109 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	607.628.331 kr.	27.365.057 kr.	3.559.071 kr.	590.706.276 kr.	23.424.165 kr.
PV2+ladere. 90 kr. P afgift	-25.635.676 kr.	-8.975.481 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	507.832.697 kr.	13.129.938 kr.	2.879.988 kr.	483.700.282 kr.	19.180.895 kr.
PV1+2+ladere. 50 kr. P afgift	-31.859.890 kr.	-10.455.109 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	432.003.748 kr.	27.998.395 kr.	3.559.071 kr.	415.715.031 kr.	16.484.974 kr.
PV2+ladere. 50 kr. P afgift	-25.635.676 kr.	-8.975.481 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	332.208.114 kr.	13.129.938 kr.	2.879.988 kr.	308.075.699 kr.	12.216.589 kr.
PV1+2+ladere. 0 kr. afgift	-31.859.890 kr.	-10.455.109 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	212.476.360 kr.	27.365.057 kr.	3.559.071 kr.	195.554.305 kr.	7.754.609 kr.
PV1+batteri	-6.224.214 kr.	-1.479.628 kr.	0 kr.	0 kr.	99.629.781 kr.	14.235.120 kr.	679.082 kr.	106.840.141 kr.	4.236.693 kr.
PV2+ladere. 0 kr. P afgift	-25.635.676 kr.	-8.975.481 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	112.680.726 kr.	13.129.938 kr.	2.879.988 kr.	88.548.311 kr.	3.511.339 kr.
Status Quo	0 kr.	0 kr.	0 kr.	-285.143.179 kr.	0 kr.	-19.133.289 kr.	0 kr.	-304.276.468 kr.	-12.065.933 kr.



Figur 41 Resultat Dashboard over de 5 mest fordelagtige scenarier når P afgift medtages i den totaløkonomiske beregning.

### Målsætninger

Beslutningskriterier for projektet består af cost kriterier, der kan estimeres og flere kriterier, der er svære at værdisætte økonomisk. Hertil kommer en række investeringsparametre, der også har indflydelse.

En vigtig bestanddel for om et projekt kan gennemføres er investeringsomkostningen og det praktiske spørgsmål – om det er en bygbar løsning.

En vurdering af hvor praktisk og effektiv løsningen er at implementere under faktiske forhold. Dette omfatter kompleksitet i udførelsen, behov for specialkompetencer, risici i byggefasen og koordinering mellem faggrupper. En god løsning er logisk opbygget, har klare grænseflader og kan udføres effektivt med almindeligt tilgængelige kompetencer.

Parametre der har indflydelse på konstruktionens prissætning:

- Størrelse
- Funktioner/funktionalitet
- kubatur
- kvalitet
- lokation
- Indhold af installationer
- Tid
- Marked

Faktorer der har indflydelse på energibesparende investeringer:

- Øget komfort,
- sikkerhedsaspekter såsom højere energiforsyningsikkerhed,
- miljøkriterier,
- værdiansættelse af ejendomme,
- sociale effekter.
- E mobilitet
- Rejsetrafik og bilandel heraf

Investeringer i energibesparende foranstaltninger skal principielt vurderes i forhold til de energiomkostninger, der alternativt ville blive pådraget. De alternative omkostninger er de uundgåelige udgifter til energiforsyning, hvis der ikke gennemføres nogen foranstaltninger.

### Resultater

#### *Nutidsværdi og årsomkostning*

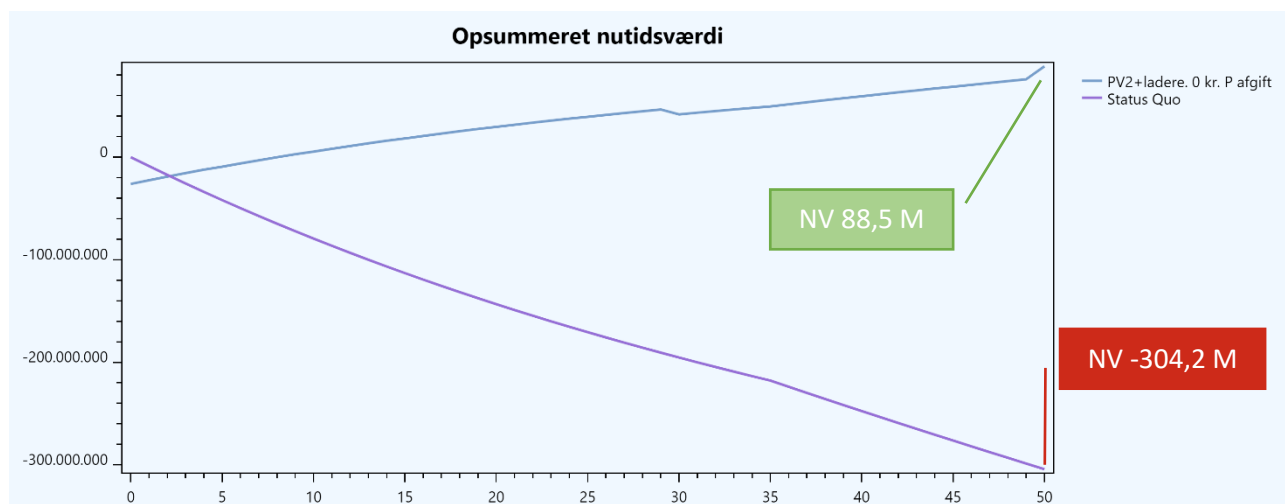
Resultat for Nutidsværdi i scenariet overdækning af parkeringsarealet – er herunder vist grafisk i et diagram. Man kan omregne Nutidsværdien til en gennemsnitlig årlig omkostning. Årsomkostningen svarer til en årlig husleje, hvor alle drifts- og vedligeholdelsesomkostninger er indregnet. For at kunne afholde denne årlige gennemsnitlige udgift kan man sige at Nutidsværdien er den sum der skal tilvejebringes for at kunne afholde udgiften årligt. ”På den måde fås nu en samlet nutidsværdi for hvert af de valgte alternativer. Den laveste af disse nutidsværdier er et udtryk for det billigste af de valgte alternativer”<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> [https://historisk.bygningsreglementet.dk/file/554544/introduktion\\_lcc.pdf](https://historisk.bygningsreglementet.dk/file/554544/introduktion_lcc.pdf) s7

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 42 De årlige udgifter til energi beregnet for et scenarie "Status Quo". De samlede omkostning for overdækning af parkeringsareal 848 P pladser med solceller og lader kapacitet samt energi reduktion fra direkte dækning af solenergi er vist i scenarie "PV2 + ladere." I dette scenarie er der ikke medregnet forventet øget P – afgift. Det ses at de årlige udgifter varierer afhængigt af prisudvikling og at de første 2 år er udgift i "Status Quo scenariet" lavere end PV2 scenariet – herefter stiger udgiften i Status quo scenariet videre – mens den reduceres yderligere i PV2 scenariet frem mod et årligt overskud i år 9. Efter 30 år er der indregnet investering til udskiftning af trækonstruktion – og der er i PV2 scenariet en lille stigning i udgift – som dog herefter fortsætter med at øge overskuddet i beregningsperioden frem til år 50.

Tabel 11 Hovedresultater for 2 scenarier; Status Quo og PV2 + ladere.

Navn	Anskaffelse	Vedligehold	Udskiftning	Forsyning	Løbende indtægt	Skyggepris	Restværdi	Nutidsværdi	Årsomkostning
PV2+ludere. 0 kr. P afgift	-25.635.676 kr.	-8.975.481 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	112.680.726 kr.	13.129.938 kr.	2.879.988 kr.	88.548.311 kr.	3.511.339 kr.
Status Quo	0 kr.	0 kr.	0 kr.	-285.143.179 kr.	0 kr.	-19.133.289 kr.	0 kr.	-304.276.468 kr.	-12.065.933 kr.

## Forudsætninger

### Prisudvikling - Faldende realrente

Da projektet for et energifællesskab er placeret på en lufthavn med ejerskab af en offentlig bygherre, er der anvendt diskonteringsrente for Totaløkonomiske beregninger iht. vejledning fra Finansministeriet.

Navn	År	Procent
Kalkulationsrente	1	3,50
	36	2,50
	71	1,50

Figur 43 Faldende rente kalkulations sats og år

## Miljøpåvirkning – Fremskrivning 2025

Scenarier med energiforsyning beregner CO<sub>2</sub> udledning med emissionsfaktorer. Der er for perioden udarbejdet fremskrivning af emissions faktorer for energi. Faktor reduceres i takt med forventning om indfasning af grøn energi i energisystemet øges. Det betyder f.eks. at eksisterende elforsynings klimapåvirkning reduceres i takt med at miljøpåvirkningen reduceres da den fossile andel i energisystemet reduceres.

## Fremskrivning 2025

15-11-2024

Denne fremskrivning er baseret på politiske mål om at øge andelen af vedvarende energi i dansk energiforsyning i perioden 2025-2075. Fremskrivningen er fra [https://www.sbst.dk/Media/638282171394687135/Emissionsfaktorer for el fjernvarme og ledningsgas for 2025-2075.pdf](https://www.sbst.dk/Media/638282171394687135/Emissionsfaktorer%20for%20el%20fjernvarme%20og%20ledningsgas%20for%202025-2075.pdf)

Navn	År	GWP (CO2-ækv)	Enhed
<span style="font-size: 1em;">▼</span> Miljøpåvirkning fra el-produktion			
	2025	0,0801	kg/kWh
	2030	0,0325	kg/kWh
	2035	0,0291	kg/kWh
	2040	0,0285	kg/kWh
	2045	0,0261	kg/kWh
	2050	0,0248	kg/kWh
<span style="font-size: 1em;">&gt;</span> Miljøpåvirkning fra fjernvarme			
<span style="font-size: 1em;">&gt;</span> Miljøpåvirkning fra ledningsgas			

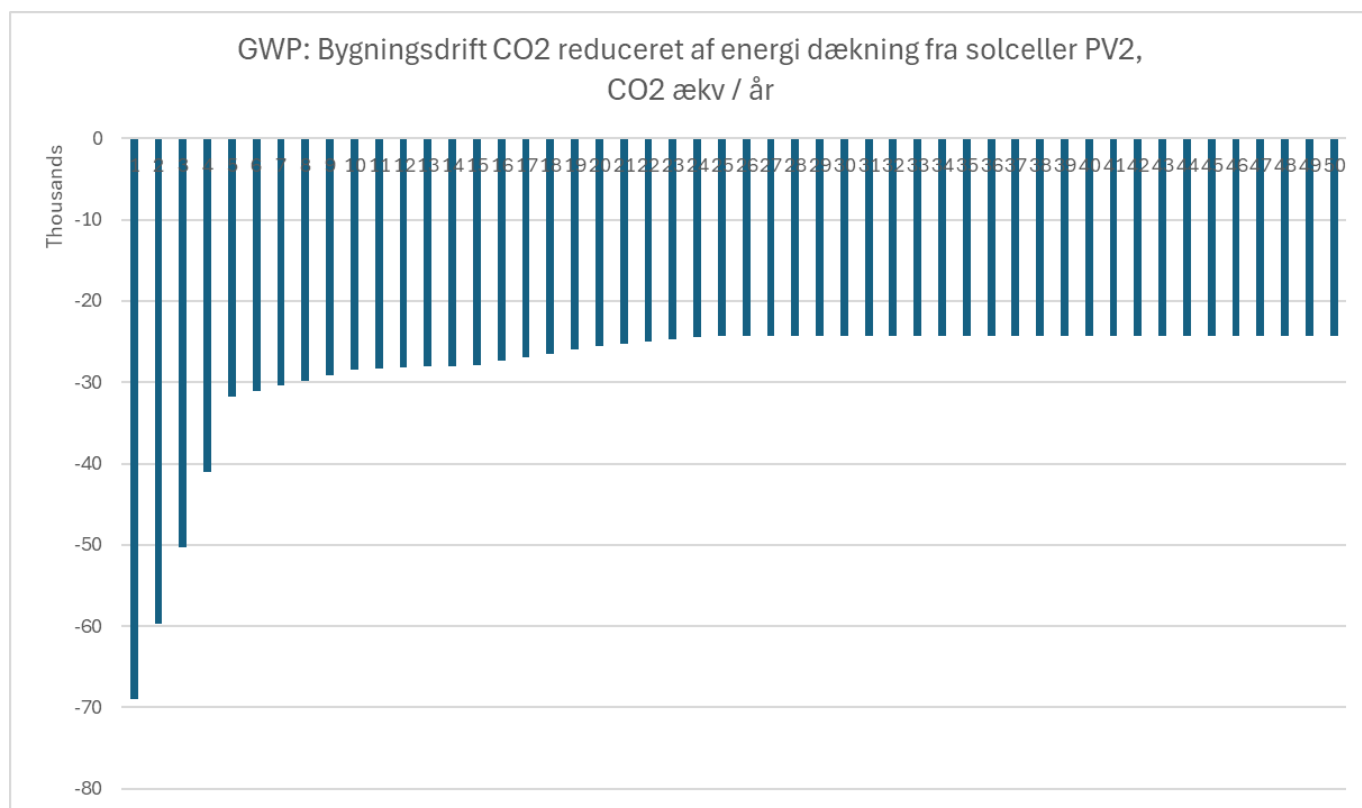
Navn	År	GWP (CO2-ækv)	Enhed
Miljøpåvirkning generelt	2025	1,0000	Faktor
Miljøpåvirkning fra energi	2025	1,0000	Faktor

Figur 44 Faldende emissionsfaktor for elproduktion bevirker reduceret miljøeffekt af grøn energi produktion i perioden frem mod 2030 hvorefter emissionsfaktoren bliver mere konstant.

Energi elproduktion fra solceller fortrænger derved energi der har en stadig mindre andel af CO<sub>2</sub> emission så den største fortrængnings effekt ligger i den første fase hvor der stadig er en del fossil energi bag elproduktion i Danmark (substitutionen har en omvendt hockey effekt).

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 45 Beregnet CO<sub>2</sub> substitutions effekt ved energi dækning fra solceller i PV2.

### Skyggeprisscenarie – Klimarådets skyggepriser 2025

Værdiansættelse af CO<sub>2</sub> reduktion beregnes i et skyggepris scenarie hvor CO<sub>2</sub> reduktion er fast sat af klimarådet pr. ton CO<sub>2</sub> – ækv. For hvert scenarie beregnes skyggepris også som % af samlet Nutidsværdi. Det ses at den største værdiansættelses årligt ligger i årene frem til 2030.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

### Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

**Klimarådets skyggepriser januar 2025** 27-01-2025

Dette sæt benyttes, når man vil anvende Klimarådets anbefalinger til beregning af skyggepriser. Finansministeriets (2023) vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger anbefaler at bruge Klimarådets skyggepriser til følsomhedsanalyser. Finansministeriets vejledning opgiver skyggepriserne som faktorpriser, som konverteres til markedspriser ved at gange med en nettoafgiftsfaktor på 1,28. Skyggeprisen opgøres i kr/ton CO<sub>2</sub>-ækv. (2025-priser). Mere information: <https://fm.dk/arbejdsomraader/regneprincipper-og-regnemodeller/vejledning-om-samfundsøkonomiske-konsekvensvurderinger/>

Navn	År	Price	Enhed
Generelt	0	765,00	DKK
Generelt	1	950,00	DKK
Generelt	2	1.180,0	DKK
Generelt	3	1.467,0	DKK
Generelt	4	1.828,0	DKK
Generelt	5	2.277,0	DKK
Generelt	6	2.380,0	DKK
Generelt	7	2.488,0	DKK
Generelt	8	2.605,0	DKK
Generelt	9	2.728,0	DKK
Generelt	10	2.858,0	DKK

Figur 46 Beregning af skyggeprisscenarier kan benyttes til at sammenligne scenarier for klimareduktioner. Et overordnet klimmål i en kommune kan for eksempel benytte skyggepriser til at værdisætte forskellige projekter i forhold til en forventet samfunds værdi for reduktionen.

Beskrivelse af Skyggepriser fra LCC: ”Præsenterer en metode til at værdiansætte CO<sub>2</sub> -udslip i økonomiske termer. Skyggepriser er en måde at fastsætte en pris på miljømæssige eksternaliteter, såsom drivhusgasudledninger, som ikke nødvendigvis afspejles i markedspriserne. Det kan bruges som en vigtig del af miljøøkonomisk styring og politikudformning. Her er forklaringerne på Klimarådets skyggepriser:

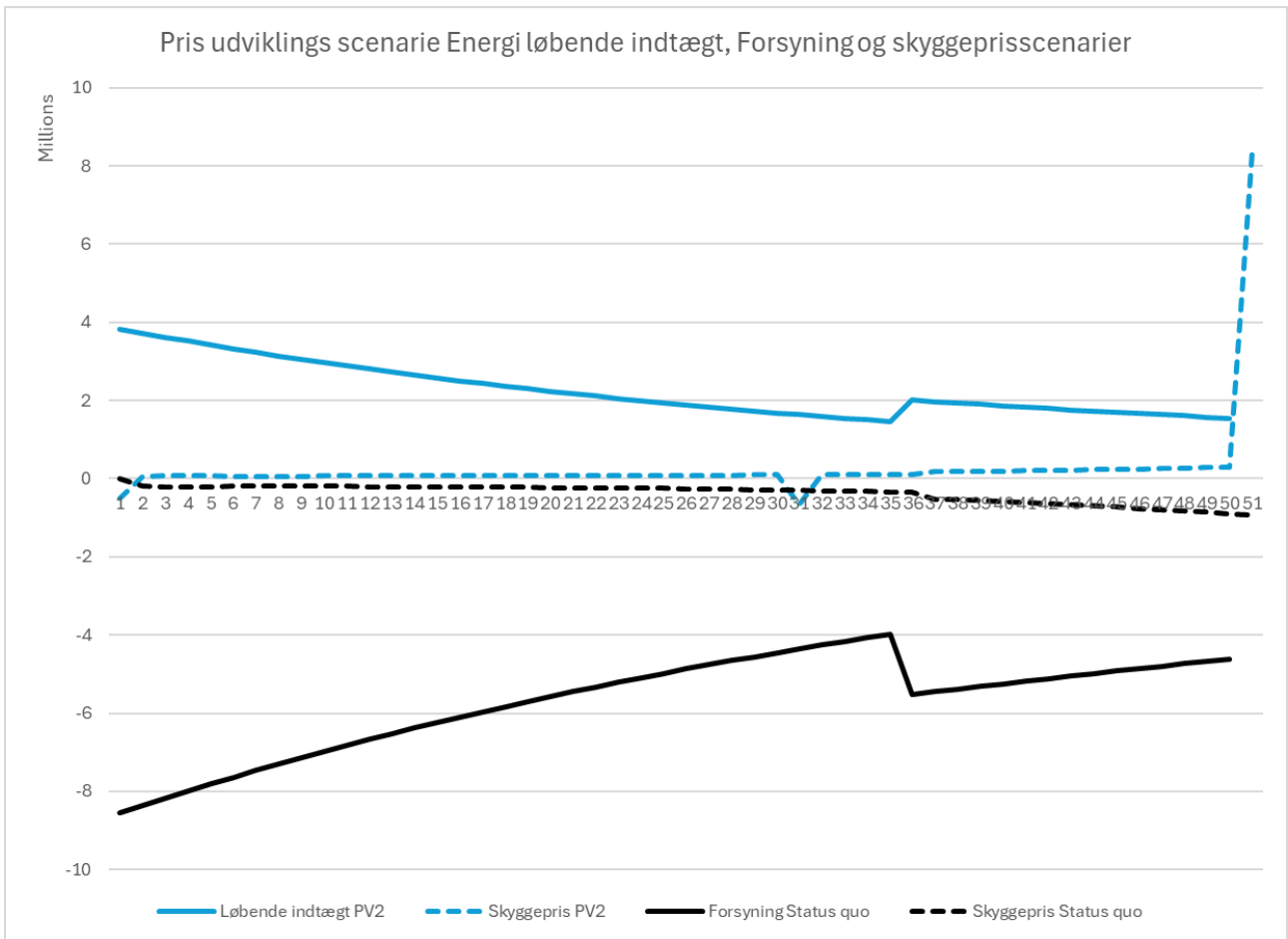
#### Klimarådets skyggepriser 2025

- Denne metode baseres på Klimarådets anbefalinger og er baseret på Finansministeriets vejledning. Ligesom med Finansministeriets skyggepriser starter denne model også med en pris og stiger over tid, men med en anden startpris og stigningsrate.

Skyggepris på CO<sub>2</sub> -udslip kan anvendes til at vurdere omkostningerne ved forskellige projekter eller politikker og deres påvirkning på klimaet. Ved at sætte en pris på CO<sub>2</sub> kan beslutningstagere bedre sammenligne de økonomiske og miljømæssige konsekvenser af forskellige handlinger og investeringer.”

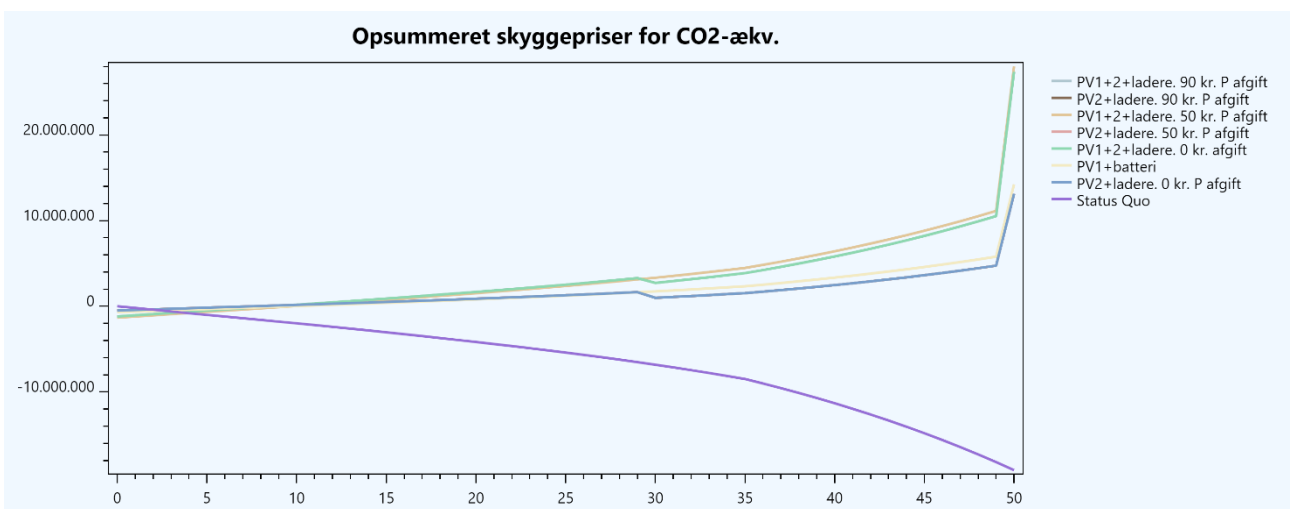
# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 47 Forhold mellem energi økonomi og prissætning af CO<sub>2</sub> ækv efter Klimarådets økonomiske faktorer pr. ton CO<sub>2</sub>. Diagrammet viser udvikling for scenarie PV2 og referencescenariet Status Quo.

Resultatoversigt over skyggepriser for de undersøgte scenarier viser skyggepris for CO<sub>2</sub> ækv. Scenarie PV har laveste pris for CO<sub>2</sub> reduktion, herefter følger PV2 og sidst PV1 + PV2.



Figur 48 Resultat af skyggepris for reduceret ton CO<sub>2</sub> ækv.

## Anskaffelse

er prissætning overslag ex. Moms på bygningsdele og installation;

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

## Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

1. Solcellepaneler med installation og montage,
2. CLT-elementer produceret, leveret og monteret inkl. montagebeslag og ribber for montage af solceller,
3. samt skruefundamenter.

Der er ikke medtaget projekterings honorar f.eks. fra arkitekt og Ingeniør i prisoverslag eller andre udgifter til parkeringsanlæg.

### Vedligeholdelse

Bygningsdele er kodet til standard "byggningsanvendelse", der er etableret med en levetid baseret på BUILD levetidstabel: Version 2021 (BUILD 2021:32). Hertil er der angivet en forventet vedligeholdsprocent.

### Udskiftning

Ud fra bygningskoden er fastsat levetider af BUILD hvorefter der beregnes udskiftning investering indenfor beregningsperioden på 50 år hvis levetiden er kortere<sup>10</sup>

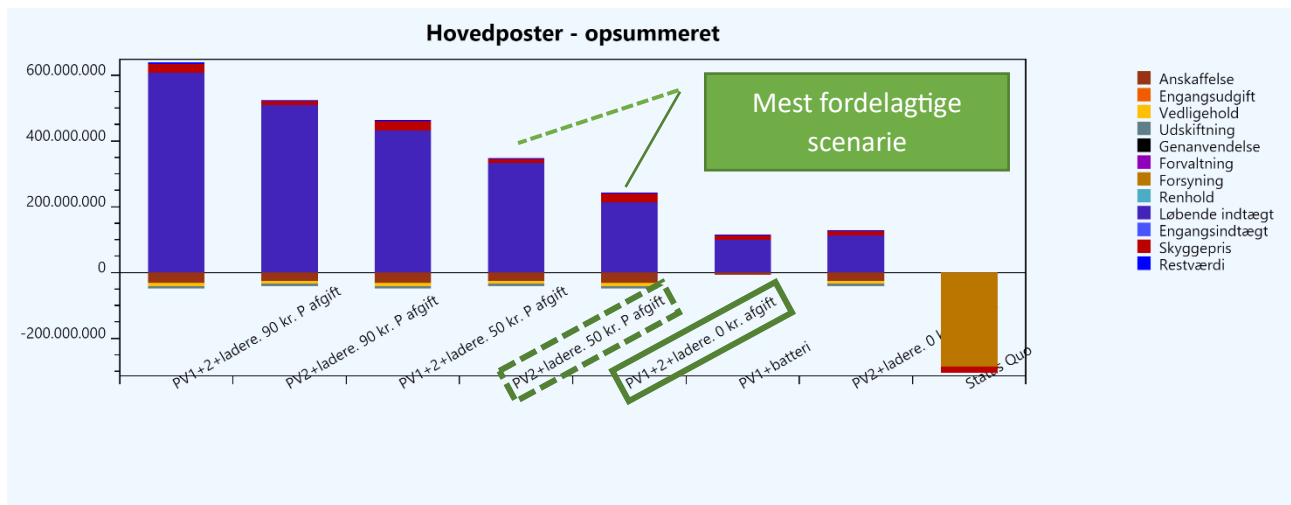
### Forsyning

Benyttes til at postere de løbende udgifter til forsyning af byggeprojektet, i dette tilfælde elforbrug til Lufthavnen. Indtægter medtages for strømproduktion fra solceller. Prissætning sker ud fra "Prisudvikling energi generelt" under det sæt af forudsætninger der hedder "Faldende rente" og benyttes for eksport af strøm til net og forsyning af el. For "energiprisudvikling generelt" forventes prisstigning takt på 0,6%, hvor el prisudvikling på regnes 1,2% prisstigningstakt. Scenariet "Faldende rente" benytter således en forsigtig vurdering af energiprisudviklingen med 0,6% lavere end el-pris udviklingen.

Label	Type	Variante	Beskrivelse	Mængde	Enhed	Enhedspris	Sum	Procent	Omkostning per gang i kr.	Levetid	Interval	Frekvens	Nutidsværdi	Årsmkostning	Styggepris	
Pælefundamenter og brøndfundamenter		Beton, terrazzo og cementmørtel	4 stk. pr 8p plads V 168													
	Bygningsdel			10.600	m2	364	3.854.160				120			-3.508.529	-139.129	177.485
	Vedligehold							1	19.271		1					
	Udskiftning								4.817.700		120					
Sekundære bygninger		Konstruktionstræ	CLT elementer og ribber samt beslag inkl montage enheds pris pr modul (8 P plads.) Enhedspris omregnet til specifik areal enhed.													
	Bygningsdel			10.600	m2	1.172	12.419.914				30			-23.834.408	-945.142	-823.740
	Vedligehold							2	248.398		1					
	Udskiftning								15.524.893		30					
hovedfordelingsanlæg solcelle			Buisniscase enhedspris er pr 1 modul (8 p plads. 32 paneler)													
	Bygningsdel			10.600	m2	593	6.287.602				80			363.484	14.414	7.459.784
	Vedligehold		Inspektion.					0	6.288		1					
	Udskiftning		Reparation.					5	292.942		5					
Forsynings- og hovedfordelingsanlæg solcelle			enhedspris er ansået pris og tilkobling samt forsyningskabel (øje)													
	Bygningsdel			212	stk	14.500	3.074.000				80			-3.469.371	-137.576	0
	Vedligehold		Inspektion.					0	3.074		1					
	Udskiftning		Reparation.					5	138.330		5					
Solcellestøm direkte dækning			Produktion medtaget som besparelse i enhedspris (direkte dækning)													
	Labende indtægt			1.030.022	kWh	3	2.884.062							82.458.776	3.289.862	0
	Solcellestøm lagt ud på nettet		lagt ud på nettet pris for sparet strøm (købspris pt 0,35 ex moms)											2.671.472	105.936	0
	Labende indtægt			176.296	kWh	1	93.437									
Indtægt - løbende			+0 kr / døgn grøn P afgift ved overdækning. 50% udnyttelsesgrad antaget											0	0	0
	Labende indtægt			636	stk	0	0									
Indtægt - løbende			+0 kr / døgn grøn P afgift ved overdækning og ladestander. 75% udnyttelsesgrad antaget											0	0	0
	Labende indtægt			212	stk	0	0									
Solcellestøm lagt ud til e mobiltet til 1,64			pris for standerladning ved kastruplufthavn lufthavn "app monta" -10%. Pris ekskl. moms											27.550.478	1.092.501	0
	Labende indtægt			730.000	kWh	1	963.600									
Electricitet - bygninger			p Solcellestøm CO2 reduktion direkte dækning											6.316.408	250.474	6.316.408
	Forsyning	Lav udledning		-1.030.022	kWh	0	0									

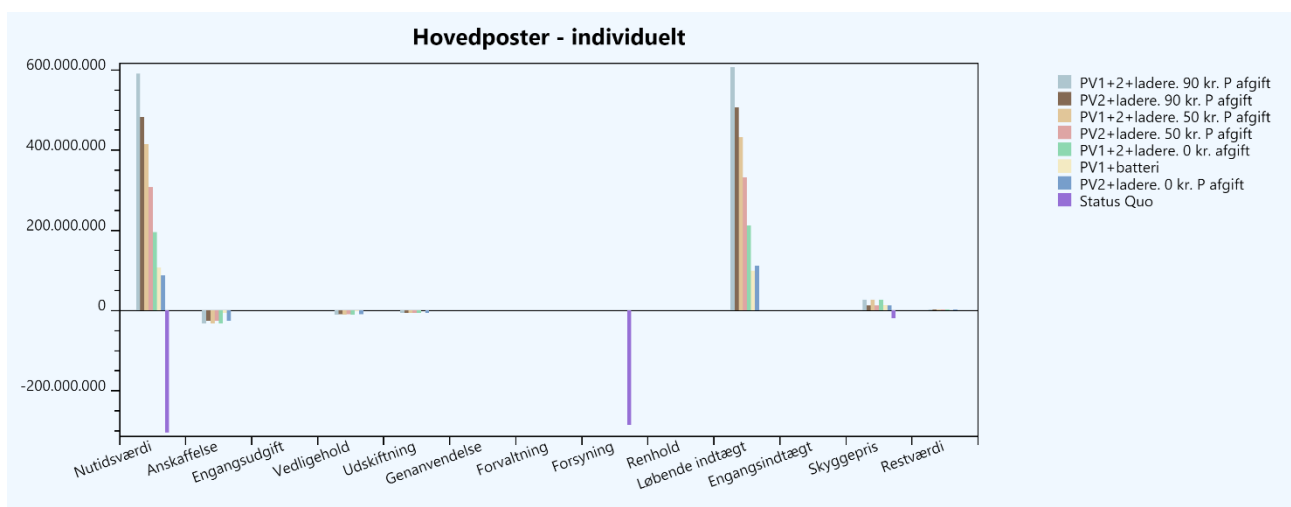
<sup>10</sup> BUILD Levetidstabel version 2021.pdf

## Scenarie resultater



Figur 49 Oversigt alternativer fra LCC. Grafisk visning af Nutidsværdi for de enkelte hovedposter. Samlet set er scenarie P1+PV2 det mest fordelagtige scenarie. Med stigende P afgift indregnet øges den forventede sum af "Løbende indtægt". Dog kan scenariet PV2 med en P afgift med + 50 kr øge de løbende indtægter og samlet blive mere fordelagtig.

Herunder vises for alle alternativer Nutidsværdi og de enkelte bidrag til sum af Nutidsværdi. Anskaffelse ses for alle basis scenarier at udgøre en relativ lille andel af Nutidsværdi i forhold til Nutidssum af løbende indtægt.

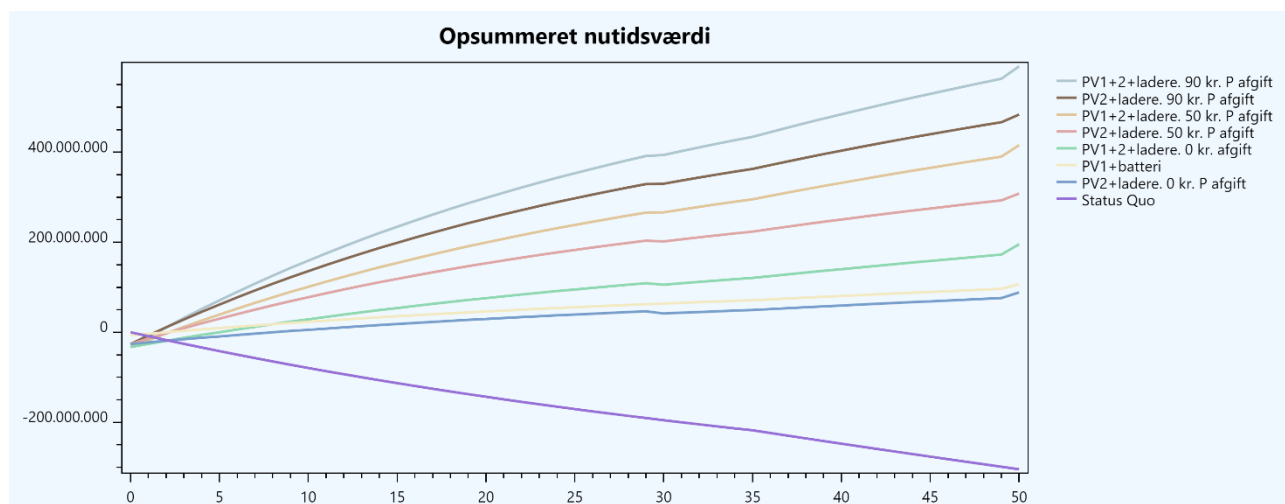


Figur 50 Oversigt over alle mulige bidrag til Nutidsværdi i LCC. Vedligehold og Udskiftning er medregnet men udgør en mindre andel i en grafisk visning. Forsyning er vist for status quo scenariet og reduktion i forsyning er vist som løbende indtægt i øvrige scenarier.

Resultat af Nutidsværdi for alle scenarier er vist i nedenstående grafik. Grafisk ses stigende overskud efter ca. 2 år og sum af Nutidsværdi efter 5 år. Samlet overskud af Nutidsværdi kan ses som forskel i sum af Nutidsværdi år 50 – der i tal er listet under graf for alle scenarier.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 51 Oversigt over alle scenariers Nutidsværdi.

Resultat for delposter ses i Tabel. Herunder vises alene Sum som Nutidsværdi.

Tabel 12 Oversigt resultat og udvalgte resultater vist for 3 overordnede scenarier PV1, PV2 og PV1+PV2.

Navn	Nutidsværdi
PV1+2+ludere. 90 kr. P afgift	590.706.276 kr.
PV2+ludere. 90 kr. P afgift	483.700.282 kr.
PV1+2+ludere. 50 kr. P afgift	415.715.031 kr.
PV2+ludere. 50 kr. P afgift	308.075.699 kr.
PV1+2+ludere. 0 kr. afgift	195.554.305 kr.
PV1+batteri	106.840.141 kr.
PV2+ludere. 0 kr. P afgift	88.548.311 kr.
Status Quo	-304.276.468 kr.

Tabel 13 Oversigt over Gruppeomkostninger for de 3 scenarier PV1, PV2 og pv1+PV2 samt Status Quo reference scenarie. Skyggepris for CO<sub>2</sub> ækv (værdiansættelse af CO<sub>2</sub> reduktion) ses indregnet i sum af Nutidsværdi, e.eks. ses den samlede Nutidsværdi for Status Quo scenariet af udgøres af udgifter til de løbende forsyningsudgifter og værdisætning af den dermed forbundne CO<sub>2</sub> udledning. Tabeloversigten viser hvorledes de enkelte omkostninger er grupperet i omkostninger til bygningsdele gruppen "Overdækning CLT...". Omkostninger til PV anlæg er medtaget under gruppen Energi-Anskaffelse. I samme gruppe er medtaget de løbende energi indtægter fra sol energiproduktionen for direkte dækning og til nettet. For de enkelte bygningsdele er medtaget standardsatser for vedlige og

# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

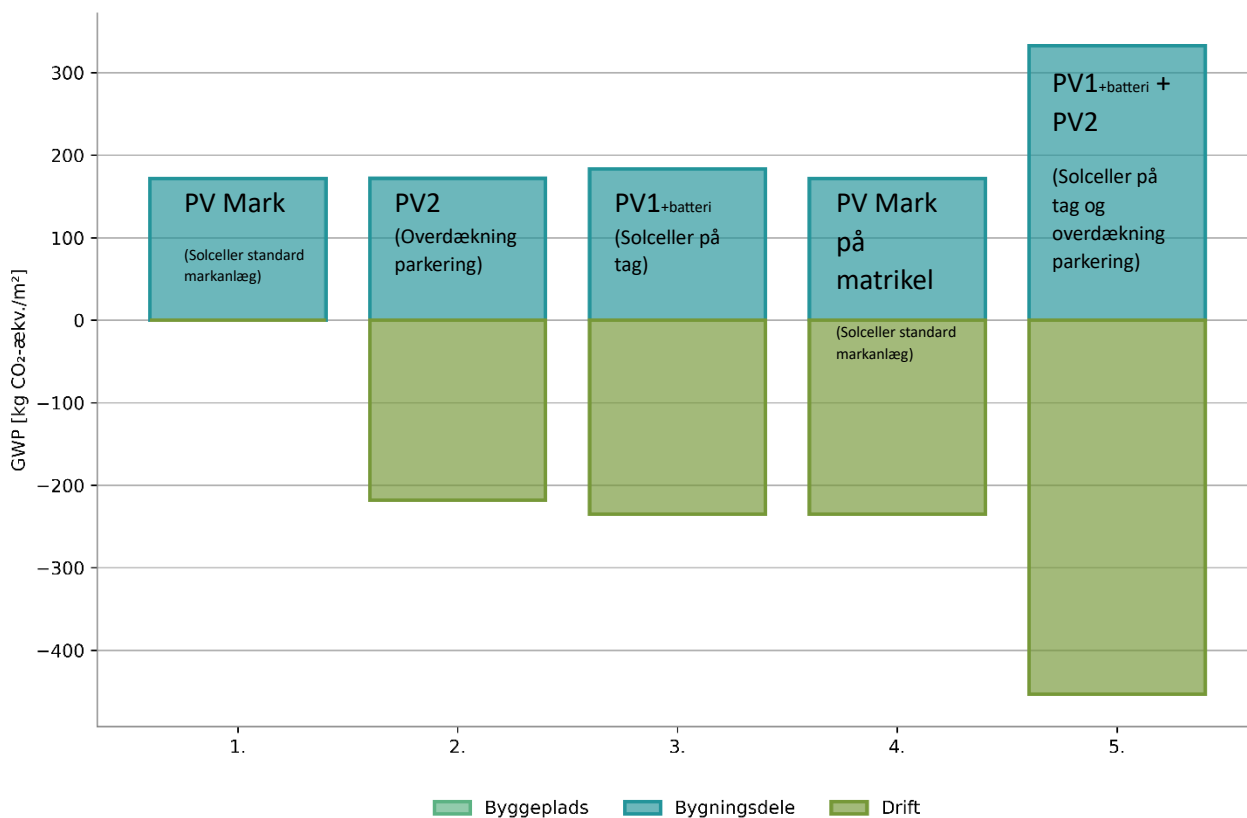
Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

udskiftning. Eksempelvis er træ konstruktion medtaget under standard for sekundære træbygninger SFB 20.1 sats for vedlige hold 2% årligt og udskiftning år 30 som 125% af kostpris.

PV1+2-ladere. 0 kr. afgift										
Navn	Anskaffelse	Vedligehold	Udskiftning	Forsyning	Løbende indtægt	Skygepris	Restværdi	Nutidsværdi	Åsomkostning	
Energi	-12.511.816 kr.	-2.974.324 kr.	0 kr.	0 kr.	184.925.882 kr.	28.011.312 kr.	1.365.081 kr.	198.816.135 kr.	7.883.956 kr.	
P afgift	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	
Energi e mobiltet	-3.074.000 kr.	-730.755 kr.	0 kr.	0 kr.	27.550.478 kr.	0 kr.	335.384 kr.	24.081.107 kr.	954.924 kr.	
Overdækning CLT, CO2 reduceret	-16.274.074 kr.	-6.750.029 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	0 kr.	-646.255 kr.	1.858.606 kr.	-27.342.937 kr.	-1.084.271 kr.	
Sum	-31.859.890 kr.	-10.455.109 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	212.476.360 kr.	27.365.057 kr.	3.559.071 kr.	195.554.305 kr.	7.754.609 kr.	
PV1+batteri										
tag - levetidsforlænget/renovere	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	
Energi	-6.224.214 kr.	-1.479.628 kr.	0 kr.	0 kr.	99.629.781 kr.	14.235.120 kr.	679.082 kr.	106.840.141 kr.	4.236.693 kr.	
Sum	-6.224.214 kr.	-1.479.628 kr.	0 kr.	0 kr.	99.629.781 kr.	14.235.120 kr.	679.082 kr.	106.840.141 kr.	4.236.693 kr.	
PV2-ladere. 0 kr. P afgift										
Overdækning CLT, CO2 reduceret	-16.274.074 kr.	-6.750.029 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	0 kr.	-646.255 kr.	1.858.606 kr.	-27.342.937 kr.	-1.084.271 kr.	
Energi	-6.287.602 kr.	-1.494.696 kr.	0 kr.	0 kr.	85.130.248 kr.	13.776.193 kr.	685.998 kr.	91.810.141 kr.	3.640.686 kr.	
P afgift	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	
Energi e mobiltet	-3.074.000 kr.	-730.755 kr.	0 kr.	0 kr.	27.550.478 kr.	0 kr.	335.384 kr.	24.081.107 kr.	954.924 kr.	
Sum	-25.635.676 kr.	-8.975.481 kr.	-5.531.184 kr.	0 kr.	112.680.726 kr.	13.129.938 kr.	2.879.988 kr.	88.548.311 kr.	3.511.339 kr.	
Status Quo										
Energi	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	-285.143.179 kr.	-19.133.289 kr.	0 kr.	-304.276.468 kr.	-12.065.933 kr.	
P afgift	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	
Sum	0 kr.	0 kr.	0 kr.	0 kr.	-285.143.179 kr.	-19.133.289 kr.	0 kr.	-304.276.468 kr.	-12.065.933 kr.	

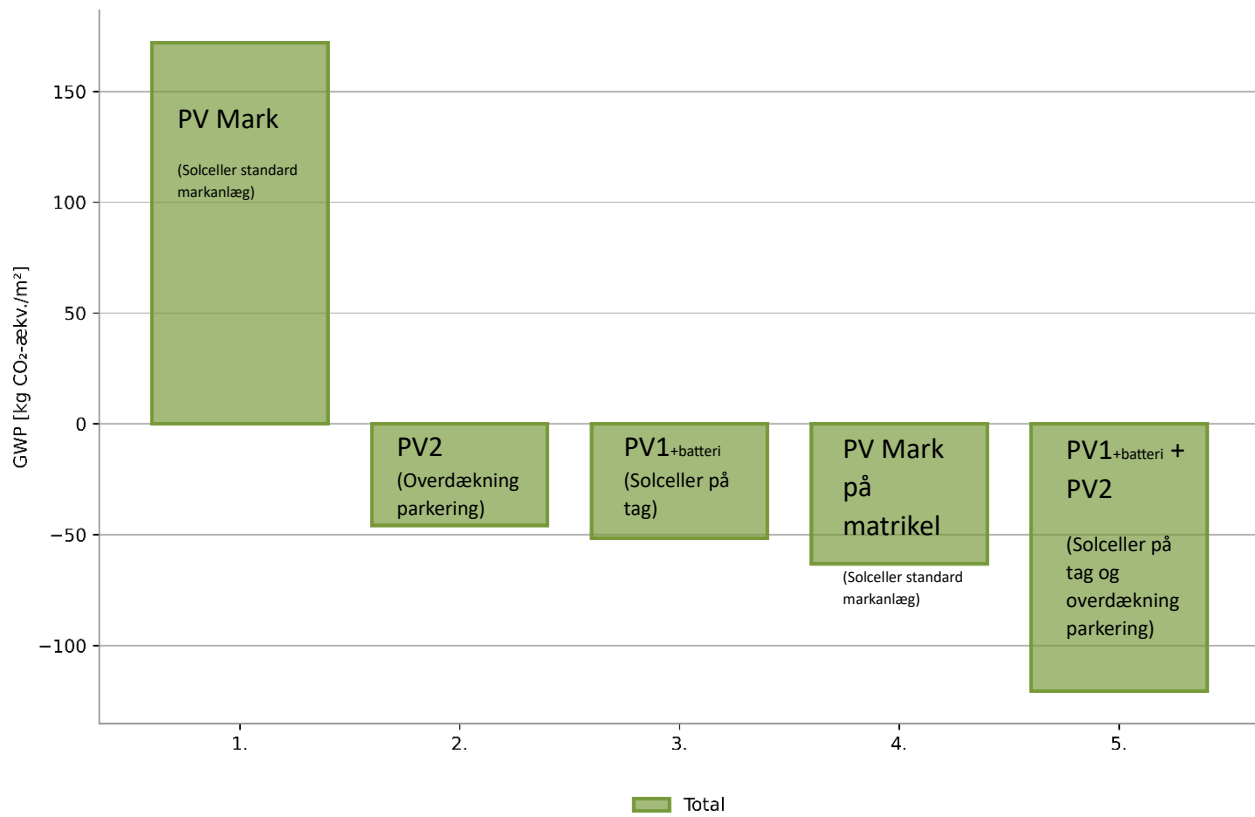
## 6 Klimaeffekt analyse materialer LCA (A1-A3) + (C2-C4) + D

### Scenarie overblik bygning drift mv., pr. m<sup>2</sup> (GWP)

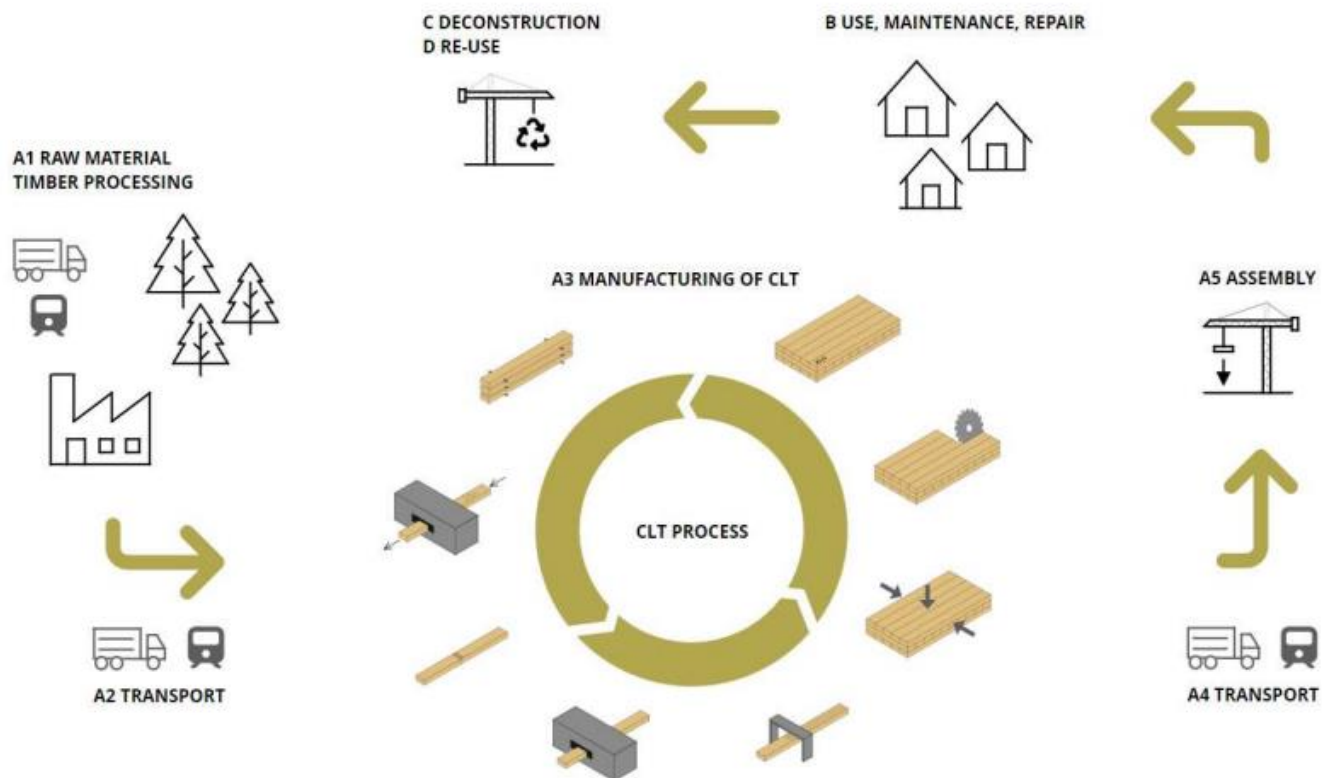


Figur 52 Diagrammet viser CO<sub>2</sub> udledninger for 5 scenarier, fordelt på materialer "Bygningsdele" og effekt af solcellers energi til bygningsdrift "drift". Der er ikke data for transport til Byggeplads "Byggeplads". I scenariet PV mark og PV2 er der medtaget samme solcelle areal. Solceller opsættes på mark med et skruefundamentsystem i metal. I PV2 monteres solceller på en trækonstruktion med skruepunktfundamenter. De samlede udledninger til materialer stiger lidt i scenarie 3 PV1+batteri, hvor der indgår CO<sub>2</sub> udledning fra batteri, og i scenarie PV1+PV2 øges fordobles PV arealet hvorfor CO<sub>2</sub> - relateret til materialer stiger. Modsat er effekten fra energiproduktionen. Ved scenarie 1, solceller placeret på mark – sker der ikke en direkte dækning af energiproduktion på bygningens energibehov. Kun ved scenarie 4 – hvor solceller placeres på matriklen, dækkes et bygningsbehov direkte.

### Scenarie overblik bygning Total, pr. m<sup>2</sup> (GWP)



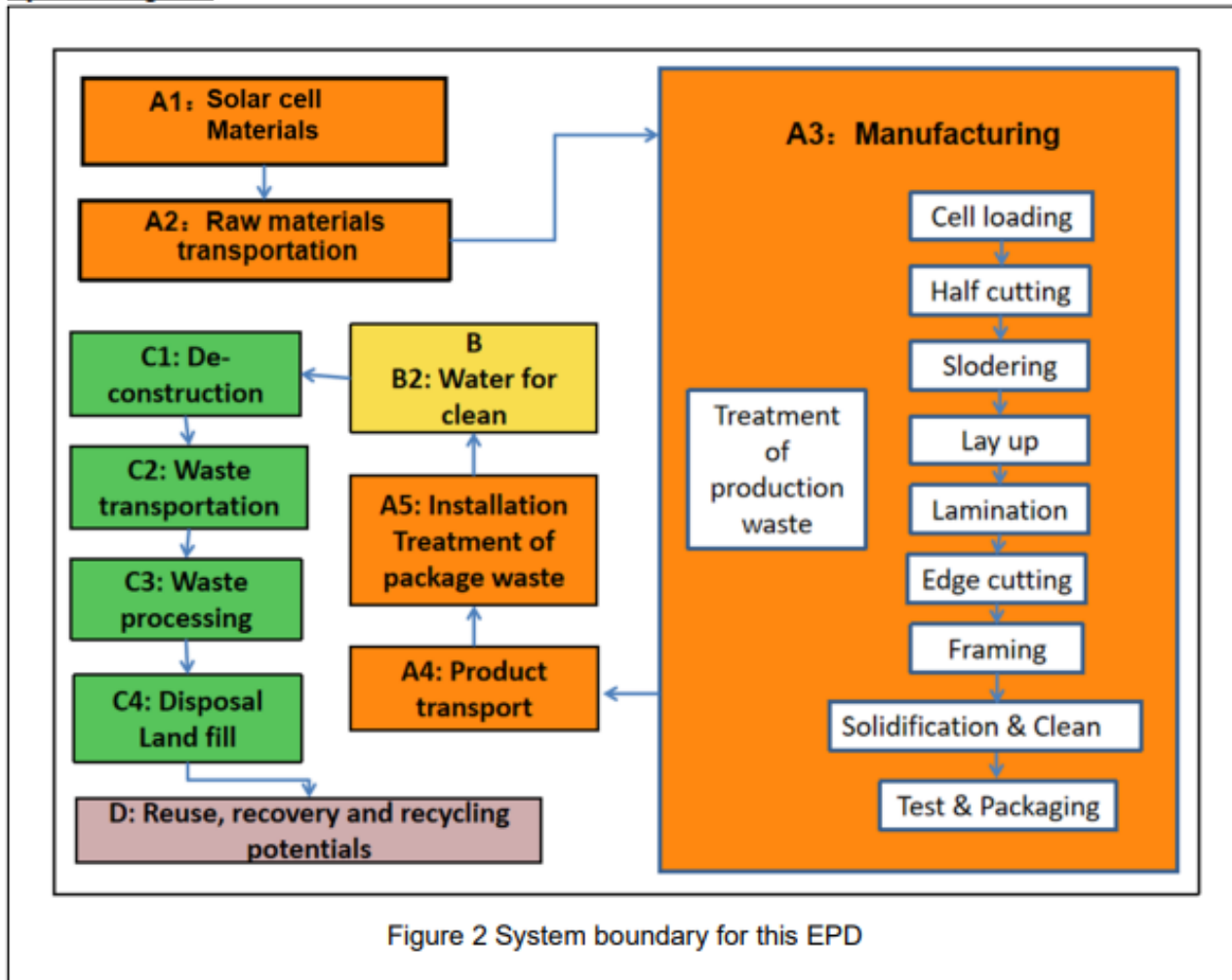
Figur 53 Den samlede CO<sub>2</sub> klimapåvirkning fra materialer og bygningsdrift for 5 scenarier. Scenarie 5 hvor PV-overdækning af parkering kombineres med PV på tag med batteri, har den største effekt på sænkning af en bygning CO<sub>2</sub> klima udtryk.



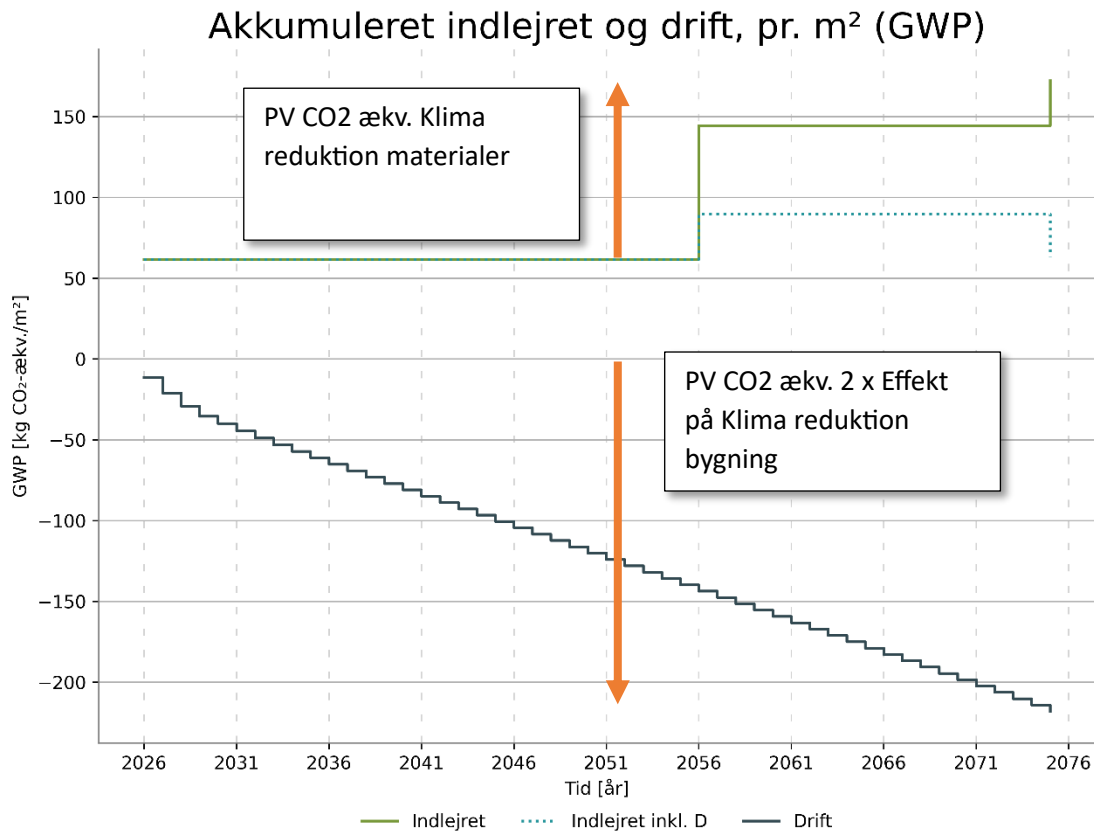
Figur 54 Overdækning med solceller udføres i CLT elementer. Firmaet KLH producerer og leverer elementer elementer til bl.a. CLT-Danmark som forhandler og monterer på byggepladsen. Diagrammet illustrerer de faser som CO<sub>2</sub> udledning opgøres i. Faserne A1 – A3 repræsenterer CO<sub>2</sub> udledning fra Produktion. Faser C1-C4 dækker CO<sub>2</sub> fra demontage af en recirkulation af materialer. CLT-konstruktionen har forventet levetid på 120 år som bærende konstruktion i LCA-beregningen for klima udledning.



System diagram:

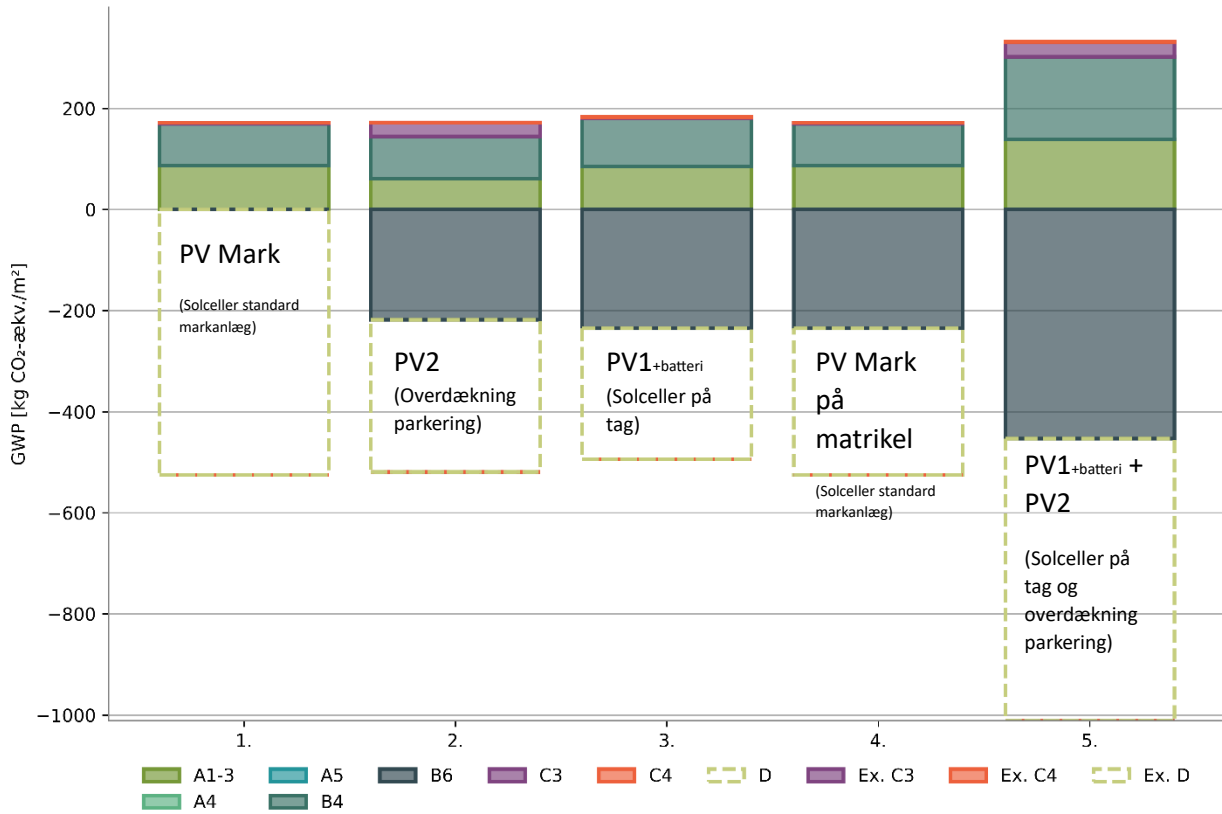


Figur 55 Diagram for produktions faser af solcelle paneler. I produktionen af monokrystalinske celler er særlig opvarmning af siliciummaterialet og den efterfølgende opbygning af celler med den såkaldte Czochralski method, en energitung proces. Renheden af de grundmaterialer der herefter bruges i den videre produktion giver en ren ensformig krystal struktur i forhold til andre solcelle typer og en høj energi effektivitet. Over 23% af det tilgængelige sollys kan omdannes til elektrisk energi i panelet.

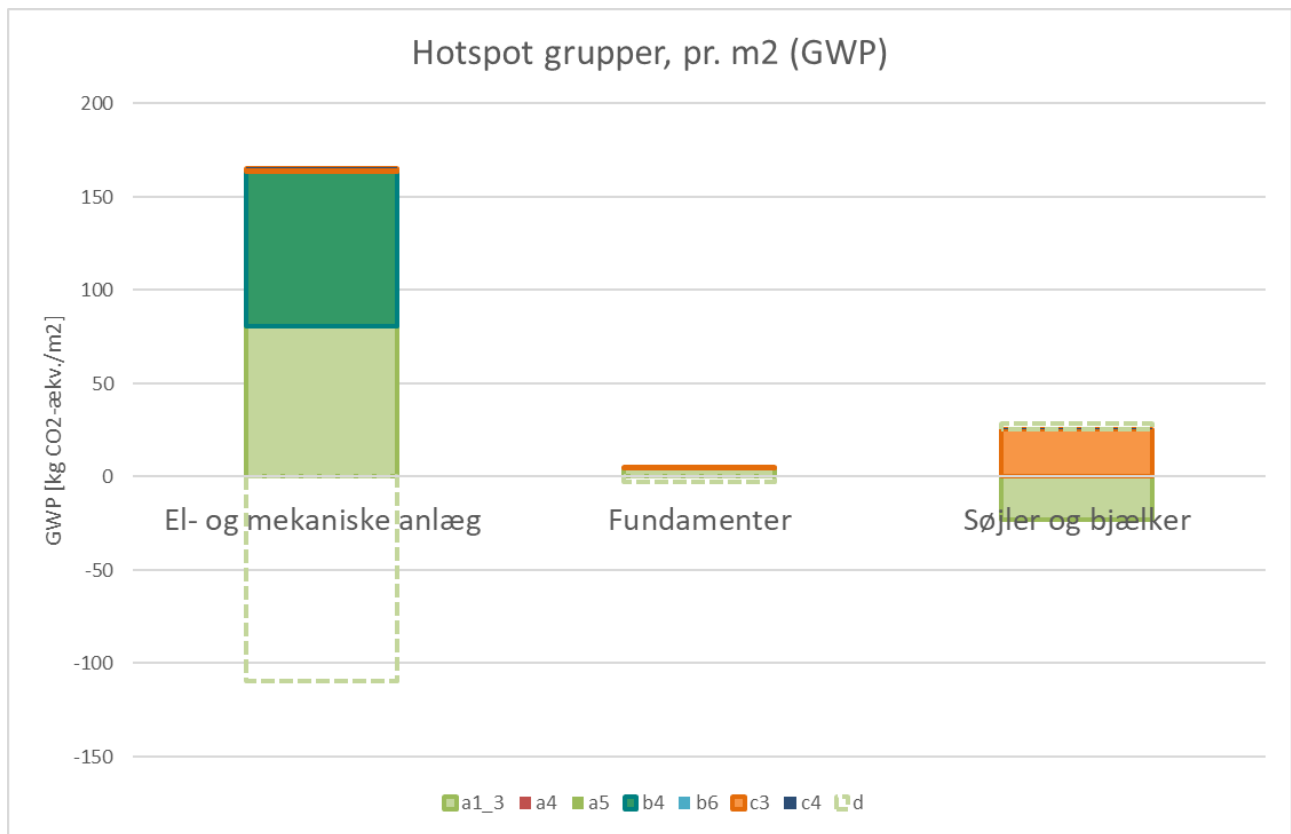


Figur 56 Resultat for klimaemission for scenarie PV2. Resultatet viser CO<sub>2</sub> ækv. Udledning over 50 år. I beregningen medtages udskiftninger af komponenter i løbet af perioden. Et systemer såsom solceller har systemlevetid på 30 år. Der ses derfor efter 30 år en ekstra udledning når panelers levetid er udløbet, demonteres, recirkuleres og nye monteres. Samlet ses det at selvom PV panelers produktion er en energikrævende proces og panelfremstillingen medfører en del transport – er effekten på reduktion af bygningens CO<sub>2</sub> reduktion ca. dobbelt så stor.

Scenarie overblik bygning faser, pr. m<sup>2</sup> (GWP)



Figur 57 Resultat af CO<sub>2</sub> udledning i alle levetidsfaser for 5 scenarier. Faser er vist for produktion (A1-A3), Transport (A4-A5), Effekt på bygningsdrift (B6), Demontage (C1-C4) og potentiale for recirkulation (D). Gendbrug af materialer – her vist som stiplede værdier, udgør for PV2 en reel værdi da designet er udformet modulært, demonterbart og har en levetid der ligger ud over beregningsfasen på 50 år. Solcellepaneler har beregnet levetid på 30 år. Der medtages værdi for 50 år i beregningen, dvs. paneler der udskiftes år 30 vil have en beregnet restlevetid på 10 år. Energiproduktionen i scenarie 1, beregnes som energi sendt til nettet og vil have en energi- og CO<sub>2</sub> fortrængnings effekt her. Potentialet for recirkulation af materialer og fortrængning af energi samt CO<sub>2</sub> klimaeffekt er normalt ved opgørelse efter normen – ikke indeholdt. Argumentet for ikke at medtage fase D er at "værdien" medtages i andre klima effekt balancer og udgør derfor samlet set en dobbelt værdi.



Figur 58 LCA Klimaudledning (Global Warming imPact-GWP) for Scenariet PV2. Analyseresultatet opgør materialers klimaeffekt i faser, fordelt i de 3 overordnede bestanddele. Anlægget består af en overdækning af 848 P pladser med CLT- trækonstruktion og Solcelle paneler, samt skruefundamenter. Det ses at den træbaserede CLT-trækonstruktion har en negativ GWP-værdi. Kulstof dannet gennem træets fotosyntese "lagres" i trækonstruktionen og frigives først ved demontage af konstruktionen og en evt. afbrænding i et kraft/varme værk.

Når en konstruktion i træ designes til at kunne demonteres og genbruges – beregnes klimaeffekten med værdier opgjort til "Re-use". Når træer fældes i skoven, stopper træets fotosyntese og kulstof optag i stammer, grene og rod system, men nye træer tager hurtigt over. Nye træers vækstfase har et stort kulstofoptag der opvejer det træ der blev fældet. En anden klimaeffekt sker når det kulstof træet har optaget igennem de 30-60 år træet har vokset – lagres i perioden det bruges som bygningsdel. Det biogene – kulstof kredsløb, afhænger således af en række faktorer:

- Træarten og de vækstbetingelser for kulstof dannelse ved fotosyntese
- Levetid for træet i konstruktionen
- Funktionen i designet – bærende konstruktion, beklædning, isolationsmateriale, komponent del
- Mulighed for recirkulation af materialet/bygningsdel

Herudover har træet en række funktioner i biosfæren – som skal nævnes. Når et træ vokser i skoven, danner træet selv og sammen med andre en biotop med et særligt mikroklima hvor temperatur og fugtforhold er mere stabile og klimarobuste. Der sker en ofte overset CO<sub>2</sub> lagring i jordlaget når rødder og mikroorganismer trækker kulstof ned i køligere jordlag hvor omdannelse til muld går langsommere. Træer danner naturligt biomasse og biotoper i skovbund og skoven når de ved storm eller aldring vælter og der opstår lysninger hvor en naturlig variation af planter igen danner grundlag for insekt- og dyreliv. Spørgsmålet om skoven skal bruges til produktion af biomasse eller CO<sub>2</sub> lagring er i dag afhængigt af skovtypen. I en plantageskov – typisk bestående af nåletræer sker der en større produktion af biomasse i forhold til løvskov, men der slipper ikke meget lys ned til skovbunden. De nåletræerarter der benyttes er ikke hjemmehørende og produktionsformen

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

med stor tæthed, udtynding og maskiners påvirkning af skovbunden gør at skovtypen alt i alt ikke indeholder mange arter.

De danske statsskove og ny skov er ved at blive omlagt til naturskov eller – naturnær skovdrift. Det betyder typisk at f.eks. eksisterende fugtbiotoper forsøges sikret ved at der ikke længere drænes i nærområdet og at der fremover planlægges for at 3-5 træer/ha får lov at blive liggende når de ved stormfald eller naturligt vælter. Klimaudviklingen med stigende temperaturer går hurtigere end de fleste arter kan følge med til. Det betyder at det er ekstra vigtigt at passe på de få naturnæreskove der er tilbage. Hvor trægenerationer kan flytte sig med vind ved frøspredning og fugle – går udvikling i jordlagene meget langsommere. Her tager det flere århundrede at opbygge en naturlig biodiversitet af svampe og mikroorganisme i dybden. Derfor er det væsentligt at materialet træ – ikke kun betragtes som kilde til biomasse – men også som den vigtigste naturtype i Danmark – der ved skovrejsning skal være med til at sikre havmiljøet, sikre rent drikkevand i drikkevands områder og ikke mindst både skal være med til at lagre grønt kulstof naturligt og skabe en robust naturtype for truede arter. Selvom den danske nåleskov vi typisk kender i Jylland og løvskove – der typisk findes i øst Danmark er almindelige i Europa så er 10 danske skovtyper truede og beskyttet af EU's "Habitats direktiv". Den naturlige mængde af dødt ved som biomasse i en dansk skov er 90-120 m<sup>3</sup>. I dag efterlades der kun ca 6 m<sup>3</sup> tilbage efter at udtynding og resttræ er forarbejdet til træflis og afbrændt<sup>11</sup>. Nogle forskere vurderer at der i en gammel urørt urskov er lige så meget biomasse i rødder og jordlagene som over. I danske opgørelser over lagret CO<sub>2</sub> ækv. Medtages 20% for rødder<sup>12</sup> – så derfor kan den manglende biomasse i skoven udgøre 94% helt op til 98% af den naturlige biomasse balance. I kun 1 ud af 12 undersøgte naturskove - såkaldte "habitats skove" i perioden (2007-2016), er mængden af dødt ved registreret i fremgang<sup>13</sup>.

Det er derfor væsentligt både i relation til klima – men især i forhold til at beskytte skoven som naturtype – at reducere forbruget af biomasse. Dette kan imidlertid ske ved at reducere afbrænding af biomasse og samtidig øge arealet af naturnær skovdrift. En vej til at reducere afbrænding af biomasse er at øge andelen af fornybar energi med andre energiformer end biogene brændsler – her kommer solar energiproduktion ind som et potentiale.

I det følgende skal klimaeffekten ved at bruge træ som konstruktions materiale for det biogene kulstof kredsløb belyses og resultat for det samlede anlæg på det biogene kredsløb beskrives. For at kunne vurdere substitutionseffekten ved at benytte træ som konstruktionsmateriale og solcellepaneler som overdækning og energi producerende element, beregnes klima effekt for trækonstruktionen, solcelle panelet, den sparede energi mængde og sættes i forhold til en standard konstruktion i aluminium med akryltag. For at kunne sammenligne opgøres klimaeffekten pr. areal enhed (fodaftryk), og der sammenlignes i øvrigt med hvad der lagres i en produktionsskov / m<sup>2</sup> (beregningsperiode 50 år).

Et levende træ har en langt større aktiv CO<sub>2</sub> binding i skoven i forhold til den "passive" lagrings effekt, der sker når træ som biogent materiale anvendes i bygninger. Normalt skelnes der i forskningen mellem den biogene CO<sub>2</sub> fortrængningseffekt i træprodukter (HWP) og træ anvendt til energiprocesser, hvor 1 tons grønt kulstof i træ fortrænger 1-3 tons sort (fossil) kulstof i de materialer der ellers ville have været anvendt. Betragtninger over træ der anvendes til energi som erstatning for fossile energikilder som naturgas, olie eller kul viser at der stort set ikke er nogen forskel mellem den CO<sub>2</sub> udledning der sker ved afbrænding af fossil kul og biogent kul.<sup>14</sup> Når kommuner og regeringen har opsat klimamål for den grønne omstilling betyder det ofte at energi forsyningen omstilles til at indeholde langt mere grøn energi. Substitutionseffekten ved at anvende biogene

<sup>111111</sup> <https://dce2.au.dk/pub/SR465.pdf>

<sup>12</sup> [https://curis.ku.dk/ws/portalfiles/portal/225664165/Sagsnotat\\_kulstof\\_skovrejsning\\_20190724.pdf](https://curis.ku.dk/ws/portalfiles/portal/225664165/Sagsnotat_kulstof_skovrejsning_20190724.pdf)

<sup>13</sup> <https://dce2.au.dk/pub/SR465.pdf> tabel 3.2

<sup>14</sup> [https://curis.ku.dk/ws/portalfiles/portal/225664165/Sagsnotat\\_kulstof\\_skovrejsning\\_20190724.pdf](https://curis.ku.dk/ws/portalfiles/portal/225664165/Sagsnotat_kulstof_skovrejsning_20190724.pdf)

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

brændsler, (træflis, træpiller eller bio-gas) i stedet for et energimix der består af mere og mere vind og sol reduceres, der fortrænges mindre og mindre sort energi. Samlet set vurderes fortrængningseffekten til at være 0,8 ved høst af træ til træprodukter og energi, hvor den før med kul i energisystemet var 1,2.

Klimaeffekt i LCA beregninger betragter forskellige levetidsperspektiver hvor potentialet for at lagre mest muligt træ – længst muligt i en bygning kan medtages for 3 scenarier:

- Træmaterialet nedbrydes og bliver til affald der skal opbevares
- Træmaterialet demonteres og findeles til træflis og andre afbrændingsprodukter og erstatter energi (brændværdi for træ medtages i fase D og nedbrydningsenergi medtages i fase C3 i LCA)
- Træmaterialet er designet så det kan holde til mere end levetidsperspektivet på 50 år og kan demonteres og genbruges (energi til demontage medtages i fase c3-c4 og træets kulstof indhold medtages i faseD).

Klimaeffekt analyser over substitutionseffekt anligger en ensidig betragtning hvor træ betragtes som ressource til erstatning for andre ressourcer. Hvis træ betragtes som naturtype udvides perspektivet så det er muligt at koble andre effekter. Beregninger viser at kulstofbindingen ved ny skovdannelse og ved den årlige tilvækst i hurtigvoksende nåletræs produktions plantager er langt større end den lagringseffekt der opnås ved høst og lagring i en bygningskonstruktion. I Tyskland opstod der i forbindelse med den grønne energi omstilling udtrykket NaWa(E)Roh, hvor fossil energi som olie, gas og kul skulle erstattes af fornybare energikilder (oversat: NachWachsende Energie Rohstoffe). Denne udvikling er senere også anvendte til træ anvendt til træprodukter i byggeri under begrebet NaWaRoh (oversat: fornybare ressourcer). Et eksempel er den sydtyske storby München hvor der politisk gives støtte til at anvende mest muligt træ i en bygning<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> [20210727 Formblatt-NaWaRo.odt](#)



Landeshauptstadt  
München  
Referat für Klima-  
und Umweltschutz

### Formblatt zur Fördermaßnahme Nachwachsende Rohstoffe

Mit diesem Formblatt wird die Masse der nachwachsenden, CO<sub>2</sub>-speichernden Baustoffe ermittelt, die in oder an der Gebäudehülle verbaut sind. Das Formblatt ist vom ausführenden Fachbetrieb auszufüllen. Alle Angaben sind vom Fachbetrieb und von der Antragsstellerin / dem Antragsteller mit ihrer Unterschrift zu bestätigen.

**Bauvorhaben: Antragsnummer:** \_\_\_\_\_

Hinweis: Auszufüllen sind nur die weißen Felder

Material-Typ	Material	Baustoff ist		verbautes Volumen Entsprechend beiliegender Rechnung [m <sup>3</sup> ]	Dichte ** [kg/m <sup>3</sup> ] (wenn kein Wert hinterlegt ist, Rohdichte aus dem Datenblatt übernehmen)	verbaute Masse [kg] = Volumen x Dichte	zur Information: Im Baustoff gebundene Menge CO <sub>2</sub> *** [kg CO <sub>2</sub> ] = Masse x 0,5 x 3,667
		von Regionaler Herkunft*	zertifiziert nach FSC, PEFC oder Naturland				
Vollholz	Laubschnittholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		762		
	Nadelschnittholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		485		
Holz-Werkstoffe	Schicht-Massivholzplatten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		510		
	OSB	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		600		
	Spanplatte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		633		
	MDF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		720		
Dämmstoffe	Holzwole-Leichtbauplatten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Holzfaserdämmplatte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Zellulose Einblas-Dämmstoff	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Zellulose Faserplatten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Hanf-/Flachsvlies	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	Stroh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		100		
Menge gesamt							

\* d.h. der nachwachsende Rohstoff wurde in Deutschland geerntet oder maximal 400 km von München entfernt.

\*\* Quelle ÖKOBAUDAT 2019-I

\*\*\* Nachwachsende regenerative Baustoffe bestehen zu 50% aus Kohlenstoff. Somit enthält 1 kg Baustoff 0,5 kg Kohlenstoff. Diese Menge Kohlenstoff ist wiederum in 1,8 kg CO<sub>2</sub> gebunden. Ergebnis: 1 kg an nachwachsenden Baustoffen bindet die Menge Kohlenstoff, die in 1,8 kg Treibhausgas CO<sub>2</sub> enthalten ist.

Stand: 26.07.2021

Kontaktdaten: Tel: (089) 233-47754, E-Mail: [fes.rku@muenchen.de](mailto:fes.rku@muenchen.de), Internet: [www.muenchen.de/fes](http://www.muenchen.de/fes)

Figur 59 Beregning for støtte til anvendelse af træ i en konstruktion benytter en skematik der opdeler træmaterialet i forskellige bygningsdels kategorier som beklædning, pladeprodukter, isolering eller træ til konstruktion. Arket er overskueligt og kan umiddelbart anvendes til at beregne den mængde CO<sub>2</sub> der bindes i et givent træprodukt for f.eks. en privat hus-bygger eller håndværker.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Vurderes alene træes biogene lagringseffekt, og ikke de processer der også medfører CO<sub>2</sub> udledning til produktion og gennem bygningens levetid, fås meget store potentielle ekstra klimaeffekter – især hvis genbrug kan medføre en forlængelse af levetiden og dermed lagringseffekten, men lagringseffekten er stadig kun ca 1/5 del af effekten ved at bevare træets evne til at danne kulstof ved fotosyntese og lagre kulstof naturligt i skoven. I forst-analyser over bæredygtigt høst (FSC og PEFC) tilvækst anvendes en indsnævret bæredygtighedsbetragtning! Her beregnes det bæredygtige årlige høstpotentiale som en årlig tilvækst inkl. den udtynding der sker for at understøtte væksten. Med denne miljø mærkning og betragtning vurderes biogene ressourcers klimaeffekt ud fra en vurdering af skoven som en "produktionsskov" af biogent klimaneutralt materiale til træprodukter og grøn energi og derved udelades skovens potentiale som grundlag for et naturligt biomassekredsløb - sikring af biotoper og grundlag for forskellige arter (biodiversitet).

Lagringseffekt i en bygning er Tabel herunder listet i forhold til levende træes evne til at lagre CO<sub>2</sub> i skoven og i forhold til den reelle CO<sub>2</sub> udledning. Den reelle CO<sub>2</sub> udledning er opgjort pr. m<sup>3</sup> træ anvendt og omfatter produktion, vedligehold og demontage for afbrænding eller genbrug. Tabellen viser at bæredygtighed designmetoder der sigter mod at anvende "mest mulig træ" i den grønne omstilling har et positivt potentiale for at løse klimakrisen, men kan medføre utilsigtede effekter for biodiversitetskrisen.

*Tabel 14 Beregning af CO<sub>2</sub> klimaeffekt pr. m<sup>3</sup> træ tilvækst hvis et nåletræ står i skoven og aktivt med fotosyntese opbygger kulstof, eller hvis det skoves og kulstoffet passivt "lagres" i en bærende konstruktion. Beregningen er baseret på en medianværdi for tilvækst i en produktionsskov med nåletræ. Den årlige CO<sub>2</sub> binding per Ha er 14000 kg CO<sub>2</sub> ækv. for stammer og grene og ca. 20% herudover for rødder. Hvert år er tilvæksten i ddel 17,5 m<sup>3</sup>/Ha. I beregning af CO<sub>2</sub> bundet i træ anvendes NaWaRoh omregningsfaktorer. 1 m<sup>3</sup> nåletræ har for krydslaminatkonstruktioner en mass efyldte på 510 kg/m<sup>3</sup> træ. Per kg masse bindes 0,5 kg kulstof. Per kg træbindes kulstof svarende til 1,8 kg CO<sub>2</sub>*

50 år lagring per m <sup>3</sup> nåletræ (årlig tilvækst)	-40.000,0	kg CO <sub>2</sub> ækv. / m <sup>3</sup> træ
50 år lagring per m <sup>3</sup> nåletræ rod	-10.154,3	kg CO <sub>2</sub> ækv. / m <sup>3</sup> træ
50 års lagring CLT (metode NaWaRoh)	-935,1	kg CO <sub>2</sub> ækv. / m <sup>3</sup> træ
CLT (LCA resultat) nåletræ (incl. afbrænding)	46,7	kg CO <sub>2</sub> ækv. / m <sup>3</sup> træ
CLT (LCA resultat) nåletræ - (incl. Recirkulation)	67,2	kg CO <sub>2</sub> ækv. / m <sup>3</sup> træ

# POLITIKEN

POLITIK | KOMMUNALVALG | 3. NOVEMBER 2025

18. november afholdes der valg til landets kommunalbestyrelser og regionsråd. Følg valgkampen i denne liveblog.

## Solcelleplaner giver konflikter i flere kommuner

POLITIKEN OG RITZAU



Foto  
→

*Figur 60 Udlæg af solceller på markarealer konflikter i stigende grad med behov for dyrkningsareal og arealudlæg til vådområder og skovrejsning men det er konflikter med beboelse der kommer visuelt tæt på som giver overskrifter og anledning til politisk debat.*

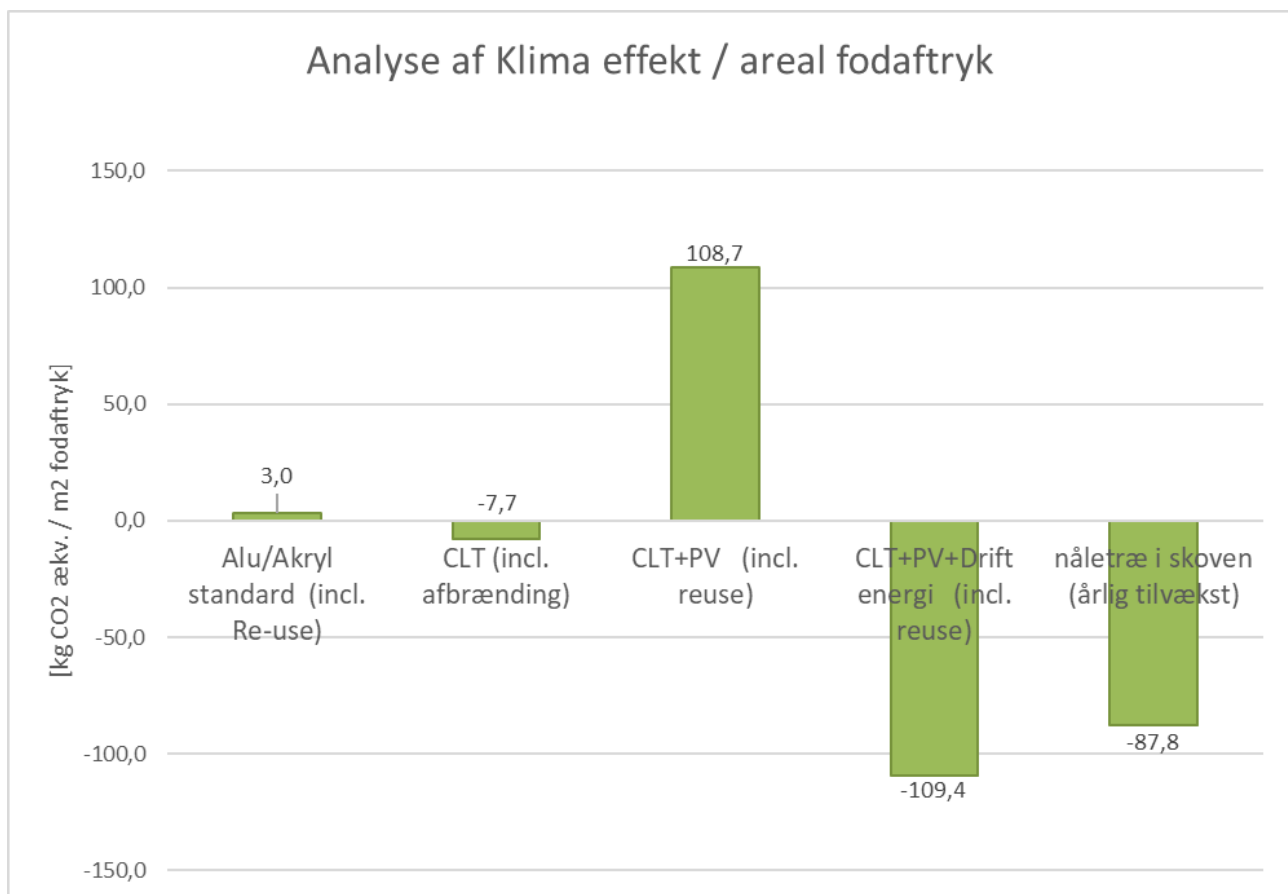
For at kunne vurdere effekten på en produktion af solenergi på et dyrkningsareal anvendes en arealbetragtning hvor ressourcen "energi" og det grønne areal vurderes som en årlig høst. Metoden kaldes LER (Land EfficiencyRatio) og sammenligner en polykultur bestående af solceller med dyrknings arealer ind i mellem – med monokulturer af solceller og dyrkningsareal. Metoden anvendes til at optimere arealudlæg af f.eks lodrette solcelle paneler på marker. Kan der f.eks. på 2 ha udlagt med en kombination af lodrette solceller og let skyggede dyrkningsarealer opnås den samme eller højere energi- og høstudbytte i forhold til 1 ha udlagt alene til hvedeproduktion og en ha alene til standard opsætning af solceller – så er LER faktoren positiv og opnås en højere LER faktor ved at udlægge 2 ha med et såkaldt agrarvoltaic anlæg der består af lodrette solcelle paneler med mark indimellem – i stedet for standard solcelle – og mark monokultur så er PV anlægget positivt – i forhold til udgangspunktet med et standard anlæg. Analyser viser at sammenlignes lodrette øst-vest orienterede solcelleanlæg med sydorienterede 45 graders hældnings anlæg opsat på marker i Danmark så fås en LER værdi på 1,18 for vinter hvedemarker med lodrette solcelle paneler– øst-vest orientering i

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

forhold til 1,08 for en standard syd orientering<sup>16</sup>. Ved denne betragtning kan grøn arealeffektivitet værdisættes for solceller på tage og parkeringsanlæg i forhold til markarealer med sol energiproduktion, da dyrkningsarealet slet ikke beskygges. En case analyse er gennemført og LER faktor er indsat som resultat i rapportens konklusion og afsluttende perspektivering.

Sammen lignede CLT overdækning inkl. solceller og dens energiproduktions samlede klimaeffekt per m<sup>2</sup> med CO<sub>2</sub> lagring i en produktions-skov er klimaeffekten knap 25% gange større pr. m<sup>2</sup> overdækket parkeringsplads i forhold til træers CO<sub>2</sub> lagring i skoven. En areal betragtning der medtager energiproduktionens klimaeffekt viser også at solceller når lokalt fortrænger et energiforbrug medvirker markant til at reducere den samlede klimapåvirkning.



Figur 61 LCA resultat oversigt over areal specifikke klima fodaftryk. Ved at anvende CO<sub>2</sub> reducerende træ materiale som bærende konstruktion i forhold til en standard aluminiums konstruktion opnås en materiale klimareduktion. I beregningen er medtaget recirkulationspotentialet. Trækonstruktionen reducerer CO<sub>2</sub> udledningen med 10,7 kg CO<sub>2</sub> ækv./m<sup>2</sup> i forhold til en standard konstruktion. Medtages udledning for solcellepaneler stiger udledningen markant når alene materialeværdien vægtes. Når fortrængningseffekten på el (reduktion af el forbrug) medtages for solceller, opnås modsat en stor klimareduktion på 36 gange mere end en standard metal/plast konstruktion og 14 gange større end en overdækning uden energi direkte dækning.

Beregningsresultat for materialers klimapåvirkning, efter normen for klimapåvirkning, medtager ikke potentialet for genbrug (fase D). En række producenter opgør potentialet for 2 scenarier. Hvis materialet kan erstatte biomasse i energiproduktion, beregnes en værdi C3 og D hertil. På samme måde beregnes en værdi

<sup>16</sup> <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2025.100526>

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

for genanvendelse hvis elementet kan genbruges ved at demontere elementet og således "erstatte" produktion af et nyt element.

### Production / construction / use stages

Indicator	Unit	A1-A3	A4	A5
GWP-GHG	kg CO <sub>2</sub> eq.	8,53E+01	4,55E+01	1,30E+01

### End of Life "Incineration"

Indicator	Unit	C1	C2	C3	C4	D
GWP-GHG	kg CO <sub>2</sub> eq.	9,42E+00	3,97E+00	1,36E+01	0,00E+00	-2,65E+02

### End of Life "Re-use"

Indicator	Unit	C1	C2	C3	C4	D
GWP-GHG	kg CO <sub>2</sub> eq.	9,42E+00	3,97E+00	0,00E+00	0,00E+00	-8,97E+01

Figur 62 CLT fra producenten opgøres for 2 forskellige "levetids perspektiver". Hvis konstruktionen ikke kan genbruges, demonteres konstruktionen og træet forarbejdes til træflis der ved afbrænding i et fjernvarmeværk kan erstatte (fortrænge) brug af biomasse til afbrændning til varme og energi produktion. Klimaeffekt beregnes og listes i fase C3-C4. Fase D viser fortrængnings potentialet. Kan designet demonteres og genbruges – benyttes værdier "Re-use" for fase C3-C4.

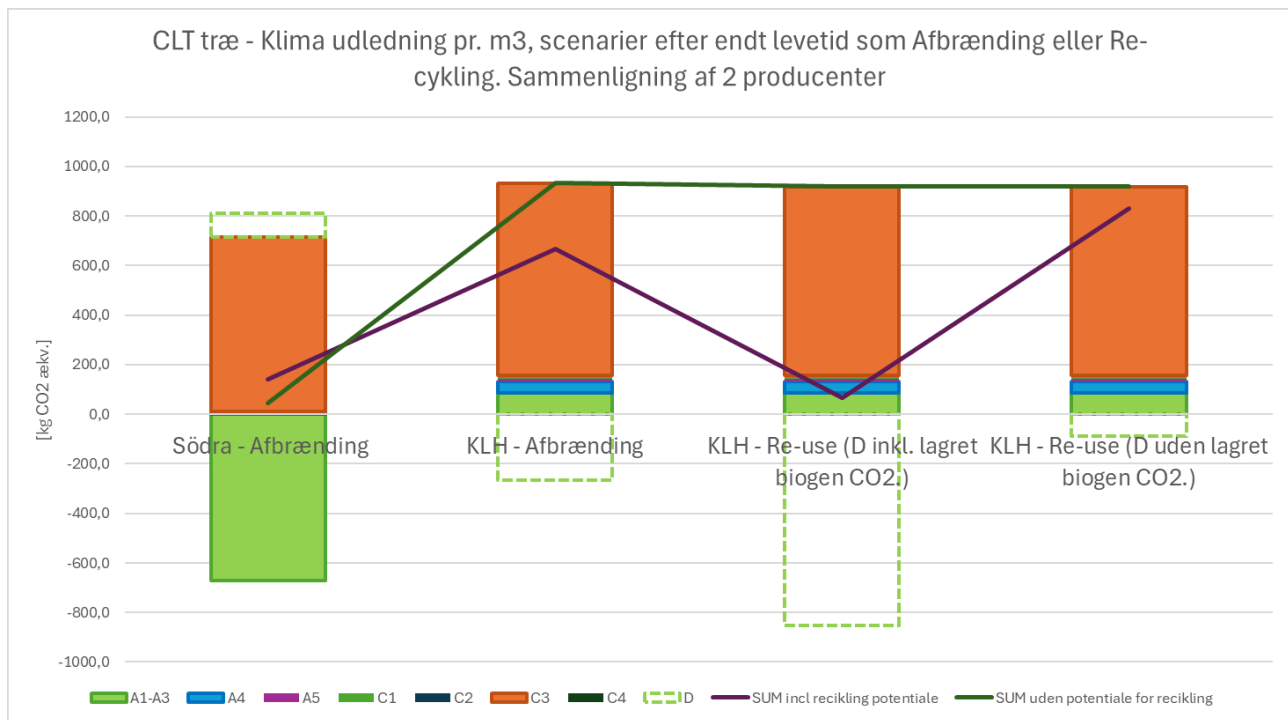
I produktionsfasen kan der anvendes fornybar energi – dvs. energi baseret på biogene materialer, der typisk har en markant lavere CO<sub>2</sub> emissionsfaktor i forhold til traditionelle fossile energikilder som olie og naturgas eller kulbaseret strømproduktion. Forskelle på CO<sub>2</sub> emissionsfaktorer for den energi der anvendes ved opsavning, transport etc. kan således resultere i produktions klimapåvirkning der ellers i omfang, ressource og produktionstrin er sammenlignelig.

Klima udledning fra den Svenske producent forening Södra og KLH som producerer i Østrig, viser for produktionsfasen A1-A3 markant forskellige værdier. Klimaudledning relateret til at der bruges energi med forskellige CO<sub>2</sub> ækv. Faktorer fører til en samlet stor forskel på den samlede klimaudledning.

Værdi for genbrug (fase D), er for Södra opgjort som den brændværdi træmaterialet har efter at energi til forarbejdning af træflis er fratrukket (fase 3-4). KLH har i deres EPD udarbejdet en værdi for re-cykling der repræsenterer trævolumet. Denne værdi for genbrug udgør samlet -852 kg CO<sub>2</sub> ækv. Pr. m<sup>3</sup> og kan antages også at gælde for genbrugsværdi for den Svenske producent forening Södra. I scenariet PV2 er CLT konstruktionen beregnet til 372,7 m<sup>3</sup> træ for overdækning på i alt 10.600 m<sup>2</sup>.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 63 Samlet Klima udledning for træ-materialet CLT. Analysen viser 2 forskellige producenters klimaudledning i alle faser og værdier for CO<sub>2</sub> udledning ved genbrug.

## Daschboard Resultater alternativer

Afslutningsvis skal bringes en oversigt over projektets vigtigste resultater. Først en oversigt over Business Case resultater for de 3 scenarier der er undersøgt:

Tabel 15 Oversigt over Business Case med tilbagebetalingsresultat. Bemærk at Businesscase ikke kan vise hvilket scenarie der er det billigste da der ikke medtages levetid og derved ikke beregnes en samlet fortjeneste.

Simpel Buisness Case, Statisk metode (Amortisering ikke velegnet til langfristede investeringer)			
Scenarie	Investering mill. Kr.	Årlig gevinst	Tilbagebetalingstid
1 - PV1+batteri	6,2 mill. kr.	1,9 mill. kr.	3,2
2 - PV2+ladere	25,6 mill. kr.	2,9 mill. kr.	9,0
3 - PV1+2+ladere	31,9 mill. kr.	4,8 mill. kr.	6,6

For at kunne vurdere et fordelagtigt scenarie er der udarbejdet LCC økonomiske beregninger i kapitel 5. En Oversigt af resultatet bringes herunder hvor der er medtaget en beregning af kostpris for "sparet energi". Kostpris for købt energi kan derved sammenlignes med kostpriser for alternativ sparet energi. I oversigten er også medtaget en beregnet LER faktor.

### LER faktoren

LER benyttes til at beregne et areal aftryk en energiløsning har, vis en monokultur afgrøde og en PV struktur blev etableret på hver sit areal for at producere tilsvarende. I dette tilfælde etableres PV ikke på et mark areal. Således friholdes markarealet til mark drift eller etablering af f.eks skov eller urørt natur.

$$LER_{APV} = \left( \frac{CropYield_{APV}}{CropYield_{OF}} \times \frac{TotalLandArea - LL_{APV}}{TotalLandArea} \right) + \left( \frac{EnergOutput_{APV}}{EnergOutput_{REF}} \right)$$

Figur 64 beregning af Lande Equivalent Ratio LERapv

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Der er i projektet beregnet andre scenarier som understøtning til beregning af LER faktoren og til vurdering af kostpris for pris for sparet energi. Det ses at mark anlæg har en højere kostpris for sparet energi. Dette skyldes at energiproduktionen sker til nettet med en markant mindre afregningspris end ved direkte dækning af forbrug. Selvom overdækning af P arealer har en højere pris på sparet kWh, vil der når P afgift som løbende indtægt medtages eller hvis der planlægges for et samlet scenarie PV1+PV2 (tag og parkering) kunne opnås en kostpris for energi på niveau og en ekstra fortjeneste som P afgift herudover. PV1 scenariet er risiko vurderet med et scenarie hvor der medtaget vedligehold af tagbeklædning.

I Rapporten "Analyse af tidssvarende udbygning med solceller under hensyn til gældende EU-regulering", undersøger Energistyrelsen LCOE = Levelized Cost of Energy (gennemsnitlig omkostning per kWh over levetiden). Herfra kan der midles en beregnet pris for produceret kWh for markanlæg 2025 på 0,20 kr./kWh. I en betragtning hvor det er den direkte dækning der udgør den største økonomiske besparelse, vil det være interessant at undersøge pris for *sparet* kWh – og ikke pris for samlet produceret kWh for markanlæg. I pris for sparet energi indgår også energi til nettet så "pris for sparet energi" kan beregningsteknisk sammenlignes med LCOE pris for produceret kWh.

Da den producerede energi mængde andel af energi til nettet som nævnt ikke er økonomisk interessant for lokalforankrede energifællesskaber, vil der været et økonomisk størst fokus på den sparede kWh i forhold til kostpris for en købt kWh. Forudsætning for Energistyrelsens LCOE er store markanlæg fra Energistyrelsens teknologikatalog samt kapitalforrentning (WACC) på 7,5%. Kapitalforrentningen for scenarie PV1+PV2 er beregnet til 14,72%.

Total økonomisk Buisness Case, Dynamisk metode (Nutids Værdi, Pris på sparede kWh)								
Scenarie	Investering +Drift+Vedl. 50 år mill. Kr.	Årlig middel gevinst 50 år (energipris fremskr. +Løbende indtægter)	Tilbagebetalingstid	Fortjeneste 50 år (simpel SUM)	Samlet økonomi 50 år (Nutids Værdi NV SUM)	Pris på sparet energi, kr/kWh	Pris på sparet energi, kr/kWh (uden drift og vedl.)	LER land equivalent ratio
0 - Status Quo	0,0 mill. kr.	-5,7 mill. kr.	-	-285,1	-304,3 mill. kr.	1,95	1,83	0,00
1 - PV1+batteri	7,7 mill. kr.	2,0 mill. kr.	3,9	91,9	106,8 mill. kr.	0,08	0,07	2,10
2 - PV2+ladere P afgift 0 kr.	40,1 mill. kr.	2,3 mill. kr.	17,8	72,5	88,5 mill. kr.	0,41	0,26	2,44
2 - PV2+ladere P afgift 50 kr.	40,1 mill. kr.	6,6 mill. kr.	6,0	292,1	308,1 mill. kr.	0,41	0,26	2,44
2 - PV2+ladere P afgift 90 kr.	40,1 mill. kr.	10,2 mill. kr.	4,0	467,7	483,7 mill. kr.	0,41	0,26	2,44
3 - PV1+2+ladere, P 0 kr.	47,8 mill. kr.	4,2 mill. kr.	11,3	164,6	195,6 mill. kr.	0,25	0,17	2,26
3 - PV1+2+ladere, P 50 kr.	47,8 mill. kr.	8,6 mill. kr.	5,5	384,2	415,7 mill. kr.	0,25	0,17	2,26
3 - PV1+2+ladere, P 90 kr.	47,8 mill. kr.	12,2 mill. kr.	3,9	559,8	590,7 mill. kr.	0,25	0,17	2,26
Total økonomisk analyse af alternative scenarier for grøn omstilling, Dynamisk metode (Nutids Værdi, Pris på sparede kWh)								
Alternative Scenarier analyseret	Investering +Drift+Vedl. 50 år mill. Kr.	Årlig middel gevinst 50 år (energipris fremskr. +Løbende indtægter)	Tilbagebetalingstid	Fortjeneste 50 år (simpel SUM)	Samlet økonomi 50 år (Nutids Værdi NV SUM)	Pris på sparet energi 50 år, kr/kWh	Pris på sparet energi 30 år, kr/kWh (uden drift og vedl.)	LER land equivalent ratio
4 - PV på mark, standard opstilling 2,5 m afstand (Ekstern-net)	12,7 mill. kr.	0,6 mill. kr.	21,5	16,9	77,3 mill. kr.	0,13	0,16	1,08
6 - BFPV på mark, lodret opstilling 11 m afstand (Energi net DK)	14,8 mill. kr.	0,6 mill. kr.	26,5	13,2	14,3 mill. kr.	0,18	0,21	1,18
7 - PV1+batteri+renov. Tag	27,4 mill. kr.	2,0 mill. kr.	13,7	72,3	73,1 mill. kr.	0,30	0,31	0,00

Figur 65 Samlet LCOE LifeCycleCost med Nutidsværdi og pris for sparet kWh. Pris på sparet kWh kan sammenlignes med LCOE pris for produceret kWh i mark anlæg. Energistyrelsen vurderer at pris/kWh produceret fra markanlæg i 2025 falder til 0,20 kr/kWh<sup>17</sup>. Det bemærkes at værdisætning af overdækning ikke er indregnet i pris for produceret kWh. LCOE Værdi for produceret kWh taganlæg er beregnet til 0,08 kr/kWh og pris for købt grøn energi er beregnet til 1,95 kr./kWh.

<sup>17</sup> Værdi er middel af vurdering for 2020 og 2030 fremskrivning.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

### Perspektivering klima og areal effektivitet

Projektets resultater er medtaget i 3 fremsendte abstrakts – hvor der er Review ét et som er accepteret en global konference afholdt i Østrig for grøn Biomasse energiproduktion. 3 andre abstrakts er fremsendt til en global konference der afholdes i Finland. I Østrig er temaet Skovens produktions effekt på klima- og biodiversitet og i Finland vil Kongressen ”udforske strategier for at forme bæredygtige, modstandsdygtige og smarte bymiljøer over hele verden. Deltagerne vil få mulighed for at dele banebrydende indsigter, skabe forbindelser med globale brancheledere og bidrage til fremtiden for kommunalingeniørkunst verden over.”

Det er håbet af projektet kan bidrage til at afdække muligheder for solar energiproduktion på tage- og parkeringsarealer og i sammenhæng med ny bydannelse projekter – som beslutningsgrundlag sammen med solare anlæg på mark arealer.

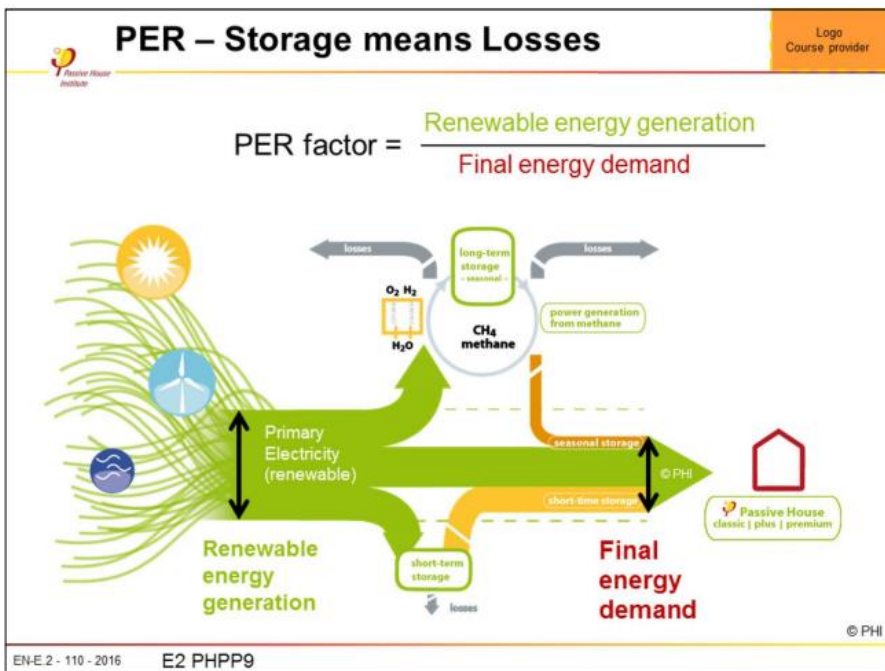


Figur 66 Solceller som barmark projekt optager arealer for omlægning til skovrejsning. Solceller på overdækning af Parkerings anlæg er et økonomisk konkurrence dygtigt alternativ og har klare positive effekter for biodiversitet når grønne arealer kan friholdes og benyttes til skovrejsning eller udlæg som naturareal i stedet.



Figur 67 Projektets resultater for energiproduktion ved overdækning af parkeringsarealer er sammenlignet med overdækning af solenergi produktion på marker. Resultater for klimaudledning og Bioeffekter er fremsendt til konference i Finland. Konferencen Future Livable Cities efterspørger projekter for ”Smart Cities & Digital Transformation” herunder; bæredygtig infrastruktur og dekarbonisering, cirkulær økonomi i byplanlægning, Grønne rum og biodiversitet i urbane områder mm.

Fremtidens byer herunder Aarhus kommune har politisk besluttet at gøre sig uafhængig af fossile energikilder. Fremtidens energiflow skal derfor baseres 100% på fornybare energikilder – i Danmark primært Vind og sol.



Figur 68 Energi flow i fremtiden er baseret på fossil frie energikilder – primært Vind og sol. Sæson lagring i vinterperioden i form af Power 2X (Metan, Brint) er forbundet med konverterings tab, eksemplet her er fra Passivhus videns kursus [https://cms.passivehouse.com/media/filer\\_public/34/1f/341f4751-b327-4313-9329-e95e3c20e00f/passive\\_house\\_designer\\_course\\_examples.pdf](https://cms.passivehouse.com/media/filer_public/34/1f/341f4751-b327-4313-9329-e95e3c20e00f/passive_house_designer_course_examples.pdf)

Udviklingen i skift fra fossil til grøn energi går stærkt i verden. Ifølge Data fra organisationen EMBER er den installerede kapacitet globalt oppe på 4448 GW – det er 57% af de nationale 2030 mål på 7793 GW. Hvis klimamålet om max. 1,5 C global temperaturstigning vurderes det at den installerede kapacitet skal tredobles til 11000 GW.

## Global renewable capacity: trajectory and targets

Capacity in gigawatts (GW)

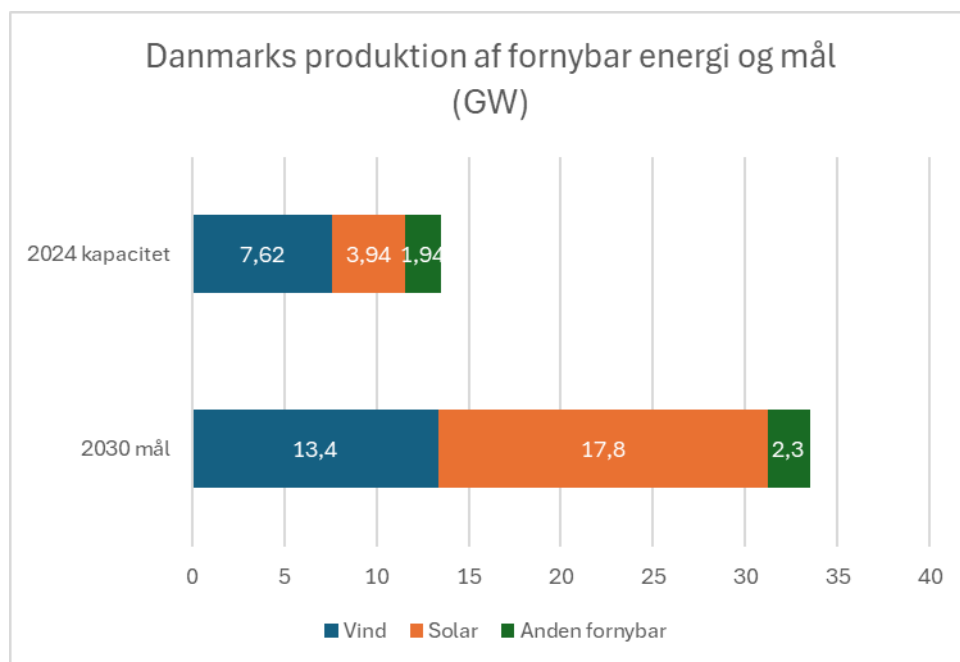


Figur 69 For at nå klima mål om max. 1,5 C temperaturstigning Globalt, vurderes det at verdens kapacitet af fornybar energikapacitet skal 3 dobles. Det er fordobling af de vækst mål der er meldt ind til FN. Data <https://ember-energy.org/data/2030-global-renewable-target-tracker>

For Danmark betyder en tredobling af den installerede solare kapacitet 2024 at der ud over den 3,94 GW kapacitet der er installeret skal installeres yderligere 7,88 GW.

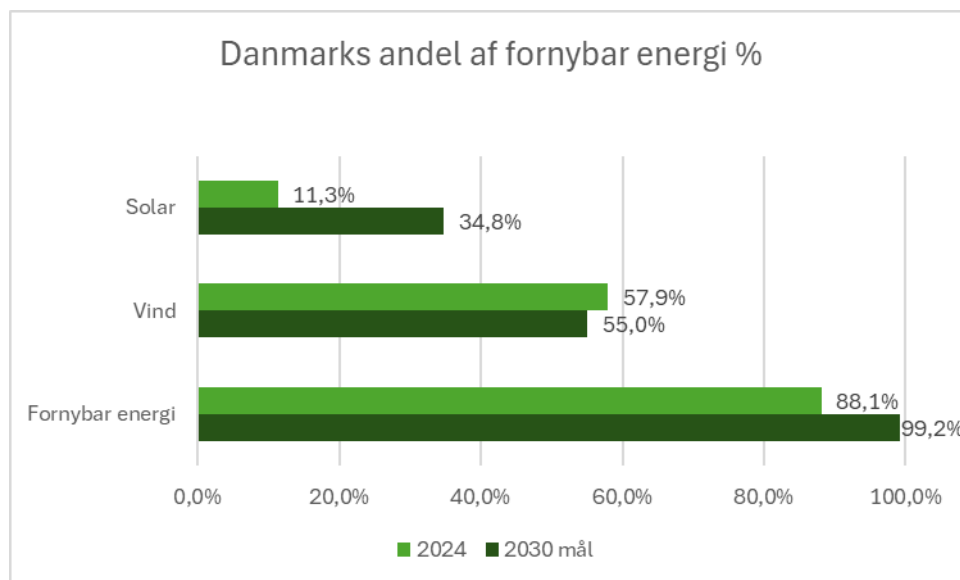
## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 70 Status fornybar kapacitet i Danmark. Data fra EMBER, <https://ember-energy.org/data/2030-global-renewable-target-tracker/> Nationale mål

Den installerede andel af fornybar energikapacitet i Danmark ligger nu for vind over 2030 målet. Der er ny klimamålsætning til debat om at fremskrive klimaneutralitet fra 2050 til 2045 og hæve 2050 mål til 110% fornybar energi andel.



Figur 71 Status andel af energi kapacitet i Danmark i forhold til 2030 mål. Data fra EMBER, <https://ember-energy.org/data/2030-global-renewable-target-tracker/> Nationale mål.

I forhold til de installerede kapaciteter er en fordobling af solar kapacitet allerede målsat i Danmark – men langt fra realiseret. De manglende 13.850 MW installeret solaranlæg i Danmark vil fylde 0,90 % af Danmarks

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

landbrugsareal<sup>18</sup>, når der antages 1,7 ha / MW<sup>19</sup>, eller 16,83% af de 140.000 ha lavbundsgrunde<sup>20</sup>. Energistyrelsen har i en GIS analyse fundet at flade industritage indeholder areal potentiale til 5,5 GW sol anlæg<sup>21</sup>. Det resterende behov frem til 2030 målet udgør herefter 8,36 GW som arealmæssigt fylder 10,15% af de udlagte 140.000 ha lavbundsgrunde eller 18,95% af det skovareal der i dag er omlagt til urørt skov<sup>22</sup>.

I forhold til det åbne landbrugs areal synes 0,9% ikke voldsomt – men når arealet opgøres til godt 10% af vådområder areal udlæg og potentielt kan bruges til sol anlæg så er det en større andel og når det vægtes til knap 20% af de eksisterende skovarealer der er udlagt til urørt skov, så er det en markant landskabsændring der er tale om. Når der for at kunne nå 1,5 C klimamålet anbefales en fordobling af 2030 målet for fornybar energi kapacitet i verden, vil det betyde et areal udlæg på 8,36+13,86 GW svarende til 37.774 ha eller 50,4% af urørt eksisterende skovareal.

Det er håbet med dette projekt at kunne bidrage til at vise at solar energiproduktion på parkeringsarealer er konkurrence dygtigt og i forhold til areal arealudlæg har potentielle fordele i forhold til at løse biodiversitetskrisen samtidig med klima mål. Der bør udføres en GIS analyse af mulighederne for at udbrede etablering af solar - overdækkede arealer ved industrier, indkøbscentre, transport- og trafikcentre som banegårde, havne og lufthavne og parkeringsanlæg i bymæssige bebyggelser hvor et lokalt forankret energifællesskab kan etableres. Der er af en leverandør foreløbig vurderet et potentiale på parkeringspladser til 3 GW.

Lokal forankring af Klimaomstilling er undersøgt for forskellige scenarier i projektet. Herunder er vist den samlede årlige CO<sub>2</sub> eq. Udledning for de 3 scenarier for et energifællesskab er undersøgt sammen med 2 alternativer for et mark solar anlæg. Resultatet viser at lokal forankring af energi produktion sammen med overdækning af parkerings arealer giver den største klima besparelse på 25,6 tons CO<sub>2</sub> eq. årligt.

---

<sup>18</sup> Ifølge DS er Danmarks landbrugsareal 2025 = 2610302 m<sup>2</sup> <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/nyt/NytHtml?cid=30807>

<sup>19</sup> Ifølge Gennemsnitsbetragtning i teknologikataloget:1,35 ha/MWp med en sizing factor (MWp/MW) på 1,25 = 1,7 ha/MW [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology\\_data\\_catalogue\\_for\\_el\\_and\\_dh.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_catalogue_for_el_and_dh.pdf)

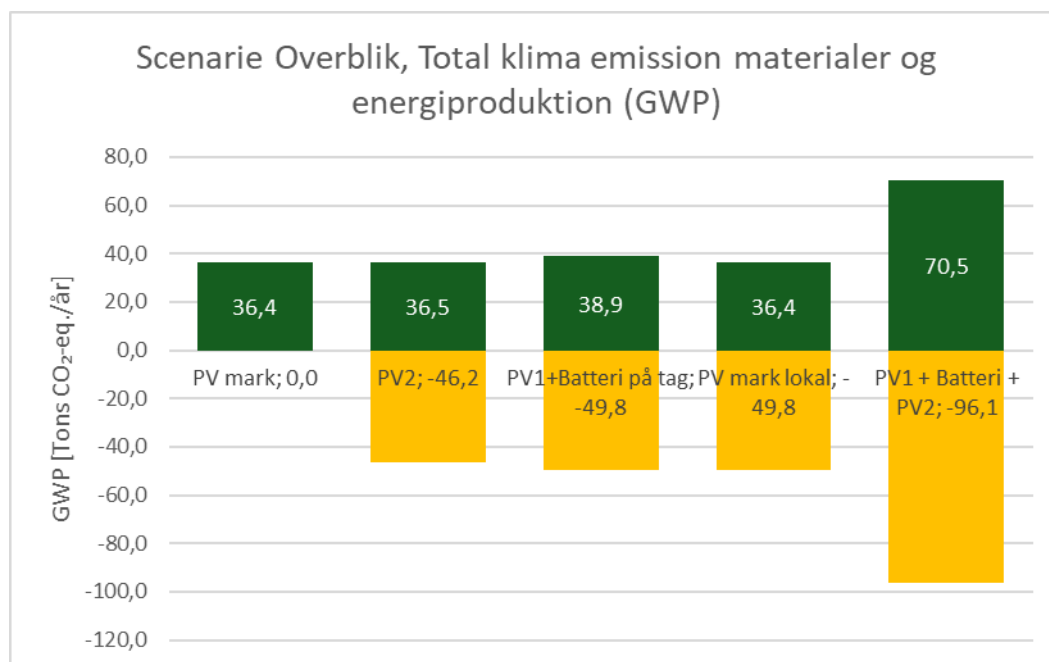
<sup>20</sup> Treparts aftale omfatter udlæg af 140.000 ha dyrkede lavbundsgrunde til bl.a. natur. <https://mgtp.dk/groent-danmark/om-den-groenne-trepart>

<sup>21</sup> Analyse af tidssvarende udbygning med solceller under hensyn til gældende EU-regulering

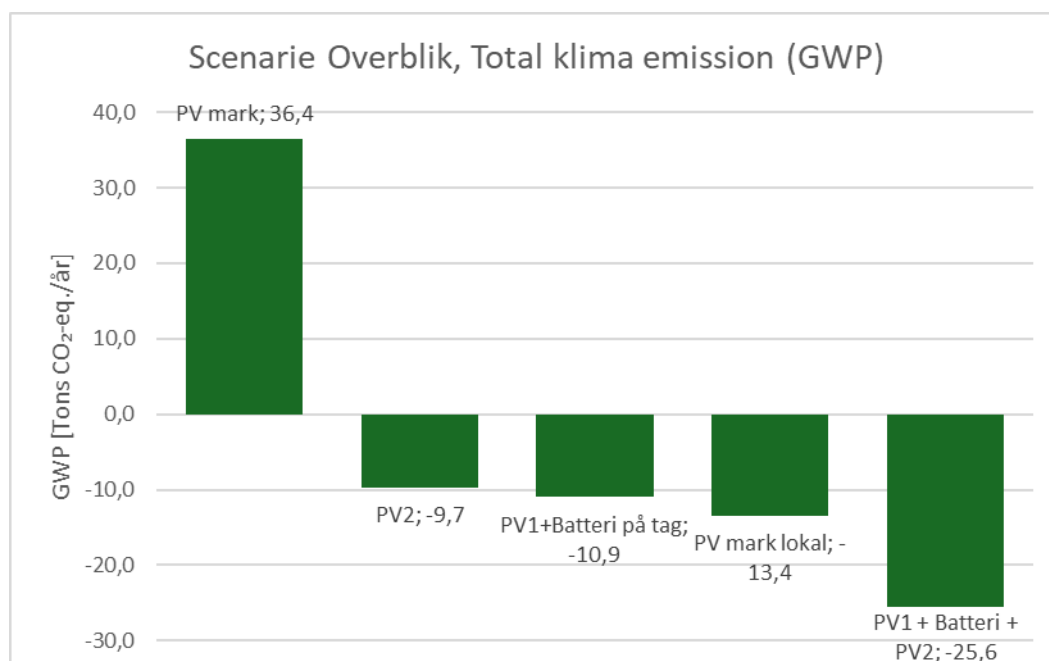
<sup>22</sup> <https://naturstyrelsen.dk/nyheder/2025/januar/historisk-meget-plads-til-sjaeldne-arter-nu-er-der-75000-ha-uroert-skov-i-danmark>

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Figur 72 Resultat af klimaberegning for scenarier fra LCAbyg. Resultat er vist for materialer og energi der medregnes til drift af bygning – dvs. ikke energiproduktion der sendes til nettet.



Figur 73 Resultat af klimaberegning for scenarier fra LCAbyg. Resultat er vist som total sum for materialer og energi der medregnes til drift af bygning – dvs. ikke energiproduktion der sendes til nettet.

## Redegørelse: Beskrivelse af hvordan projektet opfylder delformålene

I det følgende henvises der til relevante kapitler i Rapporten for de enkelte delmål. Herunder er desuden i opsummeret form beskrevet hvilke delmål der er del af projektet og hvis ikke, hvad årsagen har været.

**Delformål 1: Fyrtårnsprojekter, der kan vise, hvordan energifællesskaber kan inkluderes i projekter, der kan give besparelser for og aflaste det kollektive el-, varme eller køleforsyningsnet eller understøtte en omlægning fra fossil varme- eller køleforsyning til en forsyning baseret på vedvarende energi.**

### Inspirations-/planlægningsprojekt (produktion/levering/forbrug/deling/lagring/fleksibilitet/effektivitet)

Se i øvrigt kapitler 1, 2, 3 og 5.

Fyrtårnsprojektet viser at konstruktioner af træ kombineret med solcellepaneler opført på døde områder som f.eks. gangarealer og parkeringspladser, der repræsenterer en moderne og bæredygtig tilgang til byggeri og energiproduktion, kan skabe betydelige økonomiske og miljømæssige fordele for både virksomheder og samfundet som helhed.

Grundlaget for PV-baseret elproduktion er en "skov" af PV-paneler, etableret på eksisterende tagflader og eksisterende befæstede parkeringsarealer: døde arealer. Herved reduceres PV- arealer ellers udlagt på grønne arealer som derved kan benyttes til grønne arealer med højere biofaktor.

Her er nogle måder, hvorpå sådanne konstruktioner kan give besparelser og understøtte en omlægning til vedvarende energi, samt hvordan energifællesskaber kan spille en afgørende rolle:

- Reduktion af energiforbrug og aflastning af forsyningsnettet
- Træ som byggemateriale; Træ har naturligt CO2 reduktion og lagring, , hvilket aflaster den samlede klimabelastning.
- Solcellepaneler på konstruktionerne; Ved at installere solcellepaneler på trækonstruktionerne kan der genereres en betydelig mængde elektricitet, som kan bruges direkte i bygningen eller i nærliggende faciliteter. Denne selvforsyning med elektricitet aflaster forsyningsnettet, særligt i perioder med høj efterspørgsel.
- Omlægning fra fossil energi til vedvarende energi
- Solcelleenergi i stedet for fossilbaseret energi
- Solcellepaneler genererer elektricitet fra en ren, vedvarende energikilde. Ved at integrere solcelleanlæg på bygninger kan man reducere afhængigheden af fossil energi til opvarmning og elektricitet, hvilket er en nøglekomponent i omstillingen til grøn energi.
- Integration med varmepumper; Overskudsstrøm fra solcelleanlæggene kan bruges til at drive varmepumper, der erstatter traditionelle fossile varmeanlæg (fx naturgas eller olie). På denne måde understøtter systemet en komplet omlægning fra fossil til vedvarende energi, både til el- og varmeforsyning.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Business casen etablerer beslutningsgrundlag gennem kortlægning af PV-potentiale, digital 3D-model og beregninger (inkl. LCC/LCA), samt design af modulær løsning (carporte/solcelletræer), batteri og styring.

### Delformål 2: Klima-, miljø-, økonomiske og/eller sociale fællesskabsfordele ved projekter, der indeholder energifællesskaber

Se i øvrigt kapitler 3, 5, 6 og konklusion.

Energifællesskabet gør det muligt for flere virksomheder at dele og aftage den strøm, der produceres af solcelleanlæg uden at skulle betale afgifter til staten. Dette kan foregå gennem et lokalt netværk, hvor virksomheder i et industriområde deler den producerede strøm, så overskudsproduktion hos én virksomhed kan blive brugt af andre. Denne løsning skaber økonomiske besparelser, da virksomhederne undgår afgifter på elhandel.

Lokal VE-produktion kombineret med fælles organisering giver CO<sub>2</sub>-reduktion, lokal værdiskabelse og social forankring via fælles beslutningsramme for aktørerne.

Ved at reducere energiforbruget gennem energieffektiv arealudnyttelse baseret på fornybare materialer som træ og PV paneler, der øger produktionen af vedvarende energi fra solceller, kan virksomheder opleve betydelige besparelser på deres energjudgifter. Derudover kan der være støtteordninger og skatteincitamenter for at investere i vedvarende energi og energifællesskaber.

Trækonstruktioner kombineret med solcellepaneler på døde arealer tilbyder en bæredygtig løsning, der ikke blot reducerer energiforbruget og sparer penge, men også fremmer den grønne omstilling ved at reducere afhængigheden af fossile brændsler og fodaftrykket på potentielt grønne arealer. Ved at skabe energifællesskaber på tværs af virksomheder kan man optimere energiforbruget yderligere, dele overskudsstrøm og minimere omkostningerne ved at undgå afgifter. Samlet set understøtter denne model en fremtid med vedvarende energi, økonomiske besparelser og en mere bæredygtig fremtid.

#### Klimafordele

- Reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning: Energifællesskabet vil bidrage til Danmarks klimamål ved at fremme produktionen og brugen af vedvarende energi, som sol-, vind- og biomasseenergi. Når flere virksomheder går sammen om lokal energjudnyttelse, mindskes behovet for fossile brændsler, hvilket reducerer drivhusgasudledningerne.
- Fremme af grøn omstilling: Energifællesskabet vil kunne tilvejebringe investeringer i grøn teknologi, der kan accelerere omstillingen til et bæredygtigt energisystem. Dette kan inkludere udvikling af lokale vedvarende energikilder og energilagringssystemer lokalt.
- Bedre energiforvaltning: I Energifællesskabet kan vi ved at dele energiproduktion og forbrug inden for et fællesskab reducere energispild, og den samlede energieffektivitet øges, hvilket støtter vores alles klimamål.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

### Miljømæssige fordele

- Lokal miljøbeskyttelse:
- Energifællesskabet vil med decentrale energiløsninger mindske afhængigheden af store, ofte miljøbelastende energikilder og reducerer miljøpåvirkningen fra energiinfrastruktur (fx højspændingslinjer og fossile kraftværker).

### Bedre ressourceanvendelse:

- Energifællesskabet vil muliggøre en mere effektiv udnyttelse af lokale ressourcer som vind, sol og biomasse. Samtidig kan overskudsvarme fra virksomheder bruges til opvarmning i nærliggende områder, hvilket reducerer affald og energitab.
- Forlængelse af levetid på konstruktioner og anvendelse af biobaserede ressourcer i form af træ, reducerer klimabelastning.

### Bevaring af biodiversitet:

- Hvis vedvarende energi og energilagring udbygges med omtanke, kan det minimere den negative indvirkning på biodiversiteten, som ellers kan forekomme ved store, centraliserede energiinfrastrukturprojekter.
- Hvis vedvarende energi udbygges på døde arealer, kan det minimere den negative indvirkning på potentielle grønne arealer, som ellers udlægges til PV arealer.

### Økonomiske fordele

- Omkostningsbesparelser: Deltagelse i Energifællesskabet kan reducere energiomkostningerne for virksomheder ved at muliggøre fælles investeringer i vedvarende energikilder, som kan være billigere på længere sigt end køb af energi fra eksterne leverandører. Deling af infrastruktur og fælles driftsomkostninger reducerer omkostninger for alle deltagere.
- Skabelse af arbejdspladser: Energifællesskabet vil kunne skabe lokale arbejdspladser inden for vedvarende energiprojekter og tilknyttede sektorer som energioptimering, installation, drift og vedligeholdelse af vedvarende energikilder.
- Øget selvforsyning: Etablering af lokale energikilder betyder, at virksomhederne i energifællesskabet kan reducere afhængigheden af eksterne energileverandører, hvilket beskytter mod udsving i energipriserne og øger energiforsyningsikkerheden.
- Innovationspotentiale: Energifællesskabet fungerer som platforme for innovation inden for grøn teknologi og energistyring, da virksomheder kan afprøve nye løsninger i fællesskab.

Business casen viser, at den største økonomiske gevinst opnås, når produktion og forbrug kan optimeres "internt" bag samme målepunkt/elkunde-setup. Når elektricitet skal transporteres via det kollektive net på tværs af separate målepunkter/elkunder, reduceres gevinsten normalt af tariffer/afgifter, og løsningen kan

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

også være regulatorisk vanskelig, hvis den reelt svarer til distribution til flere elkunder. Derfor er dette en central afgrænsning i business casen og i valg af teknisk og kontraktuel opsætning. Samtidig viser business casen, at udrulning og skalering i dansk kontekst er betinget af rammerne for eltransport og afregning: Når elektricitet skal transporteres via det kollektive net på tværs af separate målepunkter/elkunder, udløses nettariffer og afgifter, hvilket i praksis reducerer eller fjerner den direkte økonomiske fordel for interessenterne. Derfor bliver den mest attraktive model typisk den, hvor forbrug og produktion kan optimeres "internt" bag samme målepunkt/elkunde-setup eller inden for en teknisk/kommerciel struktur, der er compliant og økonomisk bæredygtig. På den baggrund afgrænser projektet sig til at identificere og dokumentere en realistisk og skalerbar fremskrevet etableringsmodel, der både fastholder lokal opbakning og leverer et implementérbart bidrag til klimaomstilling.

### Delformål 3: Dokumentation af fleksibilitet/effektivitet og bidrag til aflastning for det kollektive elforsyningsnet til en forsyning baseret på vedvarende energi

Se i øvrigt kapitler 2 og 3.

Batteri + styring (HUB/AI) giver grundlag for dokumenterbar optimering af forbrug/produktion (fx peak shaving, øget egenudnyttelse, driftsoptimering) og dermed fleksibilitet/effektivitet.

**Teknologi:** Højspændings batterier

Effektivitet:

- I solenergisystemer er spændingen på DC-siden normalt omkring 300-500V. Når man bruger et højspændingsbatteri, er der mindre behov for, at inverteren skal reducere indgangsspændingen fra 300-500V til under 100V, hvilket resulterer i forbedret effektivitet.
- Højspændingsbatterier hjælper med at reducere tab forbundet med spændingskonvertering. Konverteringseffektivitet: Højspændingsbatterier kan føre til en bedre konverteringseffektivitet. For eksempel viser Solax- data, at konverteringseffektiviteten af Solax HS-serien er steget fra 90% til 97% ved brug af højspændingsbatterier.
- Energilagring: Højspændingsbatterier er i stand til at lagre mere energi og tilbyde hurtigere opladning og afladning sammenlignet med lavspændingsbatterier. Dette betyder, at et højspændingsbatteri med samme kapacitet kræver mindre fysisk plads, hvilket kan være en fordel for pladsbegrænsede installationer.
- Mindre tab og varmeudvikling: Fordi der er mindre spændingsomdannelse, reduceres tabene og den resulterende varmeudvikling i systemet, hvilket øger dets levetid og pålidelighed.

### Delformål 4: Samarbejde mellem et energifællesskab og minimum en anden aktør som f.eks. en af de i stk. 3 nævnte aktører med henblik på udvikling og anvendelse af deling af elektricitet, varme eller køling.

Se i øvrigt kapitler 1, 2 og 3.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Projektet er organiseret omkring Aarhus Airport og gennemføres i et flerparts set up med deltagelse af flere aktører og seks erklærede interessenter.

Aktører:

- Aarhus Airport – ejer af Energifællesskabet
- Dansolar – PVT panel og HUB
- CLT Danmark - konstruktion og montage
- Bjerg arkitektur, Grøn design

Interessenter:

- Greybird Pilot Academy
- Kjeld Bjerg
- Aarhus Airport A/S
- Agnete Roesdahl
- Peter Thiebel
- Paul Riis Arndt v/ DanSolar

I Energifællesskabet går virksomheder og andre økonomiske enheder sammen om at producere, dele eller administrere energi, der frembringer en række fordele på tværs af klima-, miljø-, økonomiske- og sociale aspekter.

Energifællesskabet inkluderer mulighed for energilagring i et hybrid anlæg med batterikapacitet eller via elnettet forbundet i en HUB struktur. Herved skabes mulighed for fleksibilitet i leverance og aftag, samt øget dækningsgrad af grøn el direkte i et mikro-grid og ud til andre virksomheder i et udvidet energifællesskab.

Struktur og organisering af energifællesskabet følger grundprincip for ”flere bygninger i et energifællesskab”.

Grundlaget for PV-baseret elproduktion er en ”skov” af PV-paneler, etableret på eksisterende tagflader og eksisterende befæstede parkeringsarealer. Herved reduceres PV- arealer ellers udlagt på grønne arealer som derved kan benyttes til grønne arealer med højere biofaktor.

## Delformål 5: Aggregering ift. regulerbar forbrug/produktion

Se i øvrigt kapitler 2, 3 og 5.

Mikrogrid- / fællesskabs set up med lagring og styring understøtter aggregeret håndtering af produktion og forbrug som én samlet driftsmodel (grundlag for regulerbarhed). Aggregeringsfleksibilitet er undersøgt i projektet iPower<sup>23</sup>. I dette projekt fremgår forbrugsspidser af et forbrugsprofil over en uge. Ved at beregne energidækning i forhold til forbrugs profil på ugebasis i afsnit 2 ”Kortlægning af parametre: forbrug” hvor forbrugs spidser morgen og aften ses at spidser typisk ikke dækkes direkte af energiproduktionen og derfor udgør et fleksibilitetspotentiale (aggregering) for yderligere energioptimering. Dækningsgraden af forbrugsprofilet ses i fig 13. afsnit 2. beskriver hvor stor en andel af forbruget der dækkes direkte af energiproduktionen på ugebasis henover et år. E-mobilitet er stærk stigende i Danmark – nye salgstal viser at mere end 9 ud af 10 solgte biler er el-biler. En fremskrivning af parkering er udført på basis af rejse statistisk i afsnit 2. I afsnit 3 er der beregnet businesscase for 3 scenarier – hvoraf det sidste medtager ladere og lagring af e-mobilitet. I afsnit 5 beregnes totaløkonomi med fremskrevne energi pris parametre. Energi prisdannelse

<sup>23</sup> [https://www.teknologisk.dk/\\_/media/76297\\_iPower%20-%20mere%20vedvarende%20energi%20via%20intelligent%20styring.pdf](https://www.teknologisk.dk/_/media/76297_iPower%20-%20mere%20vedvarende%20energi%20via%20intelligent%20styring.pdf)

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

vil dog afhænge af den kommende EU-model for prissætning der beskrives i afsnit se fig. 18 og fig. 19. Afgørende for prisdannelse er således stadig konventionelle kraftværker der i spidsbelastninger er nødvendige og derved bliver prisbestemmende. Ved at øge aggregering dvs. reducere energiforbrug der ligger i spidsbelastningsperioder mindskes denne faktor. En anden afgørende faktor for prisdannelse er transport afgift på energi som det fremgår af prisstatistik i fig 17. Ved at øge dækningsgraden af energibehovet med energiproduktion kan denne betydende økonomiske faktor reduceres.

Konkret kan etablering af el baseret drift og styring af forbruget, for eksempel af varmepumper, kan der opnås en højere fleksibilitet. Dette er ikke del af projektet. For at øge dækningsgraden er scenarier undersøgt hvor produktionen øges ved større energiproduktion sammen med en batterikapacitet og ad den vej øge den direkte dækning af energibehovet. Ved at gøre dette vil der opstå en større energiproduktion der leveres videre til nettet også. For at kunne udnytte både et fleksibilitetspotentiale og en energiproduktion der ikke udnyttes til det bygningsbaserede energibehov, er det i scenarie PV1+PV2 med ladere er det undersøgt hvorvidt dækning af energibehov til transport (e-mobilitet) kan udnytte spidser i energiproduktionen og samlet set har et økonomisk potentiale. Ved at koble en parkeringsafgift til e-mobilitet øges indtjeningspotentialet. Det er derfor undersøgt i scenarier med forskellige P afgifts niveauer hvorledes en koblet P afgifts prissætning påvirker det samlede driftsresultat. Resultat fremgår af fig 51. og afsnit 5 "Scenarier med P afgift".

### Strømfordeling i energifællesskabet

Strømdeling beskrives som en **aftale- og data-baseret model**:

- **Afregningsprincip:** Lokal produktion allokeres efter aftalt fordelingsnøgle (fx prioritet til kritiske laster/airport-drift, derefter øvrige deltagere), dokumenteret via måledata og opgørelser.
- **Styring:** Batteri og styring anvendes til at øge egenudnyttelse, reducere spidsbelastning og understøtte forsyningsikkerhed.
- **Afgrænsning:** Hvis deling kræver transport via det kollektive net på tværs af separate målepunkter/elkunder, indregnes tariffer/afgifter, og økonomisk fordel vurderes konservativt.

### Energifællesskabet, sådan deler/aftages strøm fra solcelleanlægget

Solcelleanlægget (overdækket parkering/solcelletræer) dimensioneres og implementeres modulært. Energifællesskabet aftager strømmen efter den valgte afregningsmodel, dokumenteret af måledata og fordelingsnøgle. Batteriet anvendes til at øge egenudnyttelsen og som backup for kritiske funktioner på lufthavnen.

I setup for totaløkonomi og business case er forbrug derfor medtaget for Aarhus Airport og setup for fremskrevet forbrug til bygningsdrift samt Transport i form af E-mobilitet til parkering.

## Delformål 6: Flexibilitet i elforbrug og elproduktion (samarbejde med energifællesskab)

Se i øvrigt kapitler 2, 3 og 5

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Scenarie med batteri kapacitet er medtaget. En sammenhæng mellem rejsetrafik i sommerhalvåret og anvendelse af overskuds elproduktion primært i sommerhalvåret til e-mobilitet er medtaget og undersøgt.

Batteri + styring beskrives som midler til at flytte/udjævne effekt, minimere spild og optimere drift. Det adresserer direkte fleksibilitet i forbrug og produktion i et fælles setup. Samtidig giver batteri-backup en forbedret risikoprofil for Aarhus Airport og brugere gennem øget forsyningsikkerhed og bedre robusthed ved udfald/forstyrrelser i elnettet (afhængigt af dimensionering).

AI styring:

- Øget energiforbrugsovervågning: Systemet giver løbende indsigt i elforbrug og tilpasser solcelleproduktionen i overensstemmelse hermed, hvilket resulterer i øget dækning af grøn el.
- Lavere CO2-aftryk: Optimering af energiproduktionen betyder mindre behov for fossile brændstoffer, hvilket reducerer CO2-aftryk
- Brugervenlig overvågning: Mulighed for at overvåge og styre systemet via en app eller online platform.
- Robusthed: AI-styring overvåger systemets præstationer og foretager tidlig fejlopfølgning, hvilket øger anlæggets levetid og pålidelighed. Ved at integrere AI-styring i solcelleanlæg er forberedes det til fremtidige teknologi.
- Økonomiske Fordele: Udover de miljømæssige fordele kan et hybridanlæg med AI-styring hjælpe med at reducere energiomkostningerne med op til 25% og øge den økonomiske bæredygtighed på lang sigt.

## Delformål 7: Lokal opbakning og tilknytning til klimaomstilling

Se i øvrigt kapitler 1 og Perspektivering.

**Projektets svar:** Den lokale opbakning til energifællesskabet er generelt stor, og der er indikationer på, at flere lokale virksomheder vil kunne indgå som deltagere ud over de allerede erklærede interessenter.

Nedenfor listes en række fordele for det sociale- og fællesskabsaspekt

- Styrkelse af lokalsamfund: Energifællesskabet vil kunne styrke sociale bånd i lokalsamfundet ved at involvere virksomheder og borgere i fælles energiinitiativer. Dette kan skabe en følelse af fælles ansvar for energi og miljø.
- Demokratisering af energiproduktionen: Energifællesskabets energiproduktion bevirker, at energiproduktion flyttes tættere på brugerne, hvilket øger muligheden for lokal deltagelse og medindflydelse i beslutningsprocesserne vedrørende energiproduktion og forbrug. Dette skaber en følelse af ejerskab og engagement. Der vil også være mindre energitab som følge af at brug el- lokalt.
- Øget social ansvarlighed: De virksomheder, der deltager i Energifællesskabet, kan positionere sig som socialt ansvarlige og bæredygtige, hvilket kan forbedre deres image og relationer til kunder og andre interessenter.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

- Uddannelse og bevidstgørelse: Vores lokale energiprojekter skaber muligheder for læring og uddannelse, både for virksomheder og lokalsamfundet, om bæredygtighed og energiforvaltning.

### Aktivitetspakke 5 Resultatbeskrivelse: Total økonomisk analyse LCC Investering, service og vedligeholdelsesudgifter over levetid, forsyning (produktionspris kWh grøn el og kost pris El net Danmark)

Se i øvrigt kapitler 5 og 6.

Aktivitetspakke 5 har dokumenteret interessentgrundlag og etableringsforudsætninger for energifællesskabet, herunder deltagende aktører og den foreløbige beslutningsretning for etablering.

#### Deltagerliste med potentielle deltagere i Energifællesskabet

- Lotta Sandsgaard, CEO – Aarhus Airport A/S
- Agnete Roesdahl, Driftsassistent – Aarhus Airport A/S
- Lars Boesen, COO – Aarhus Airport A/S
- Søren Riis Dietz, Partner – Bjerg arkitektur
- Paul Riis Arndt, Adm. Direktør – Dansolar
- Peter Thiebel, projektudvikler og arkitekt
- Per Thomas Dahl, Adm. Direktør – CLT Danmark

**Beslutning vedr. etablering:** Aarhus Airport kontaktes af aktørerne Dansolar, Bjerg Arkitekter, Peter Thiebel og CLT Danmark, der fremlægger et muligt projekt om et Energifællesskab, der får strøm fra et soloverdækket befæstet areal på gangareal eller parkeringsplads. Aarhus Airport ser potentialet i projektet, dels da strømmen fra Energifællesskabet kan forsyne hovedbygning og evt. nødgenerator med billig strøm, dels da etablering af solcelleanlæg er en del af Aarhus Airport's strategi for energioptimering. Rundt om Aarhus Airport er der flere potentielle virksomheder og private, der kunne have interesse i at deltage i et energifællesskab og det besluttet derfor at undersøge mulighederne for realisering af projektet ved at søge midler via ENS til et case study.

Paul Riis Arndt og Agnete Roesdahl besøgte flere af de potentielle deltagere, herunder Greybird Pilot Academy, tre biludlejningsfirmaer (AVIS, SIXT, Enterprise), Syddjurs Erhvervsråd. Greybird og Syddjurs Erhvervsråd tilkendegav, at de var interesserede. Greybird underskrev interesseerklæring. Syddjurs Erhvervsråd vil vente til projektet er konkret. Biludlejningsfirmaerne er amerikansk ejede og kunne ikke på daværende tidspunkt tage stilling.

I løbet af business casen indgår Aarhus Airport forhandlinger med potentielle investorer. Dette bliver en meget lang proces, hvor det er uvist, hvor og hvornår etableringen og realiseringen af projektet kan finde sted.

Alle relevante parter, der er involveret i drift, ejerskab og den fremtidige overtagelse af lufthavnen, er fuldt orienteret om både business casen og det kommende projekt. Dette omfatter nuværende ejere, potentielle kommende ejere, og lufthavnens bestyrelse, som alle har haft indsigt i projektets indhold, formål og perspektiver.

## **Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.**

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Der er bred enighed blandt de involverede parter om, at projektet er relevant og det er forsat et ønske og en prioritet at etablere et energifællesskab og opføre solcelleoverdækkede arealer til formålet som beskrevet i business casen på et eller flere af lufthavnens døde arealer.

Årsagen til at Energifællesskabet ikke kan etableres nu, skyldes ejerskiftesituationen i Aarhus Airport, som af forskellige årsager har trukket ud. Når ejerskiftet er endeligt på plads og arealudnyttelsesstrategien fastlagt, kan de arealer hvorpå projektet skal opføres udpeges og herefter kan planlægning af realiseringen af projektet starte. På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at fastlægge en konkret tidshorison for den videre proces, idet projektet afhænger af afklaringen af ejerforholdene og den overordnede arealudviklingsstrategi for lufthavnen.

### **Redegørelse: Etablering, strømdeling og aftag fra solcelleanlæg**

Lovgivningen om energifællesskaber giver en ramme for, at lokale aktører kan organisere sig om vedvarende energi og energitjenester i en fælles struktur. Her i vores Aarhus Airport-case, anvendes rammen til at etablere et dokumentérbart beslutningsgrundlag for et energifællesskab, hvor lokal solcelleproduktion (bl.a. modulære solcellecarporte/solcelletræer) kombineres med batterilagring og intelligent styring, så flere aktører kan planlægge, aftage og optimere energi inden for en fælles model.

Den forventede fordel er gennemførlighed, skalerbarhed. Energifællesskabet samler aktører, roller, beslutningsproces og dokumentation i ét setup, som kan udbygges modulært og gentages, når struktur og styring, dataflow og afregningsprincipper er fastlagt.

### **Hvordan energifællesskabet etableres (opsætning og aktører)**

Energifællesskabet etableres som et samarbejde med Aarhus Airport som koordinerende part, med DanSolar som teknisk/energipartner og med deltagelse af de erklærede interessenter plus nye interessenter – dog vil et succesfuldt energifællesskab være betinget af, at de deltagende interessenter rent faktisk kan få billigere strøm og dette kræver, at man er indenfor ringen. Her kunne Greybird stadig være med, da de har lejet sig ind på Aarhus Airports jord.

Business casen viser, at den største økonomiske gevinst opnås, når produktion og forbrug kan optimeres "internt" bag samme målepunkt/elkunde-setup. Når elektricitet skal transporteres via det kollektive net på tværs af separate målepunkter/elkunder, reduceres gevinsten normalt af tariffer/afgifter, og løsningen kan også være regulatorisk vanskelig, hvis den reelt svarer til distribution til flere elkunder. Derfor er dette en central afgrænsning i business casen og i valg af teknisk og kontraktuel opsætning.

Projektet er organiseret omkring Aarhus Airport og gennemføres i et flerpartssetup med deltagelse af flere aktører og seks erklærede interessenter.

Aktører:

- Aarhus Airport – ejer af Energifællesskabet, projektledelse
- Dansolar – PVT panel og HUB
- CLT Danmark - konstruktion og montage
- Bjerg arkitektur, Grøn design

Interessenter:

- Greybird Pilot Academy
- Kjeld Bjerg

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

- Aarhus Airport A/S
- Agnete Roesdahl
- Peter Thiebel
- Paul Riis Arndt v/ DanSolar

I Energifællesskabet går virksomheder og andre økonomiske enheder sammen om at producere, dele eller administrere energi, der frembringer en række fordele på tværs af klima-, miljø-, økonomiske- og sociale aspekter.

Energifællesskabet inkluderer mulighed for energilagring i et hybrid anlæg med batterikapacitet eller via elnettet forbundet i en HUB struktur. Herved skabes mulighed for fleksibilitet i leverance og aftag, samt øget dækningsgrad af grøn el direkte i et mikro-grid og ud til andre virksomheder i et udvidet energifællesskab.

Struktur og organisering af energifællesskabet følger grundprincip for ”flere bygninger i et energifællesskab”.

I setup for totaløkonomi og business case er derfor medtaget forbrug for Aarhus Airport og setup for fremskrevet forbrug til bygningsdrift samt Transport i form af E-mobilitet til parkering.

## Konklusion

Projektet afslutter med de 7 kapitler et beslutningsgrundlag for etablering af et energifællesskab ved Aarhus Airport. Beslutningsgrundlaget beskriver et modulært system for overdækning af et parkeringsareal designet i CLT elementer. Hertil er der beregnet scenarier med solceller på tagflader suppleret med batteri lagring for optimal energi aggregering. Udnyttelse af overskuds el til forsyning af transport via ladere er inkluderet i beslutningsgrundlaget.

Resultatet viser at energibehovet til Aarhus Airport bygningsdrift er tilstrækkeligt stort til at udnytte el-produktion fra solceller placeret på tag og parkeringsanlæg. En optimal total økonomi opnås når overskuds el til nettet udnyttes til dækning af e-mobilitet på parkeringsarealer.

Projektet viser samlet set optimeret energi-, klima og grønt areal effekt (LER faktor) ved etablering af solceller på P2 og etablering af solceller på tag P1 samt etablering af installation for e-ladning med en etape 1 lade kapacitet på 25% dækning.

Business casen viser, at den største økonomiske gevinst opnås, når produktion og forbrug kan optimeres ”internt” bag samme målepunkt/el kunde - set up. Når elektricitet skal transporteres via det kollektive net på tværs af separate målepunkter/el kunder, reduceres gevinsten normalt af tariffer/afgifter, og løsningen kan også være regulatorisk vanskelig, hvis den reelt svarer til distribution til flere el kunder. Derfor er dette en central afgrænsning i business casen og i valg af teknisk og kontraktuel opsætning.

At Energifællesskabet ikke kan etableres nu, skyldes ejerskiftesituationen i Aarhus Airport, som af forskellige årsager har trukket ud. Når ejerskiftet er endeligt på plads og arealudnyttelsesstrategien fastlagt, kan de arealer hvorpå projektet skal opføres udpeges og herefter kan planlægning af realiseringen af projektet starte. På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at fastlægge en konkret tidshorisont for den videre proces, idet projektet afhænger af afklaringen af ejerforholdene og den overordnede arealudviklingsstrategi for lufthavnen.

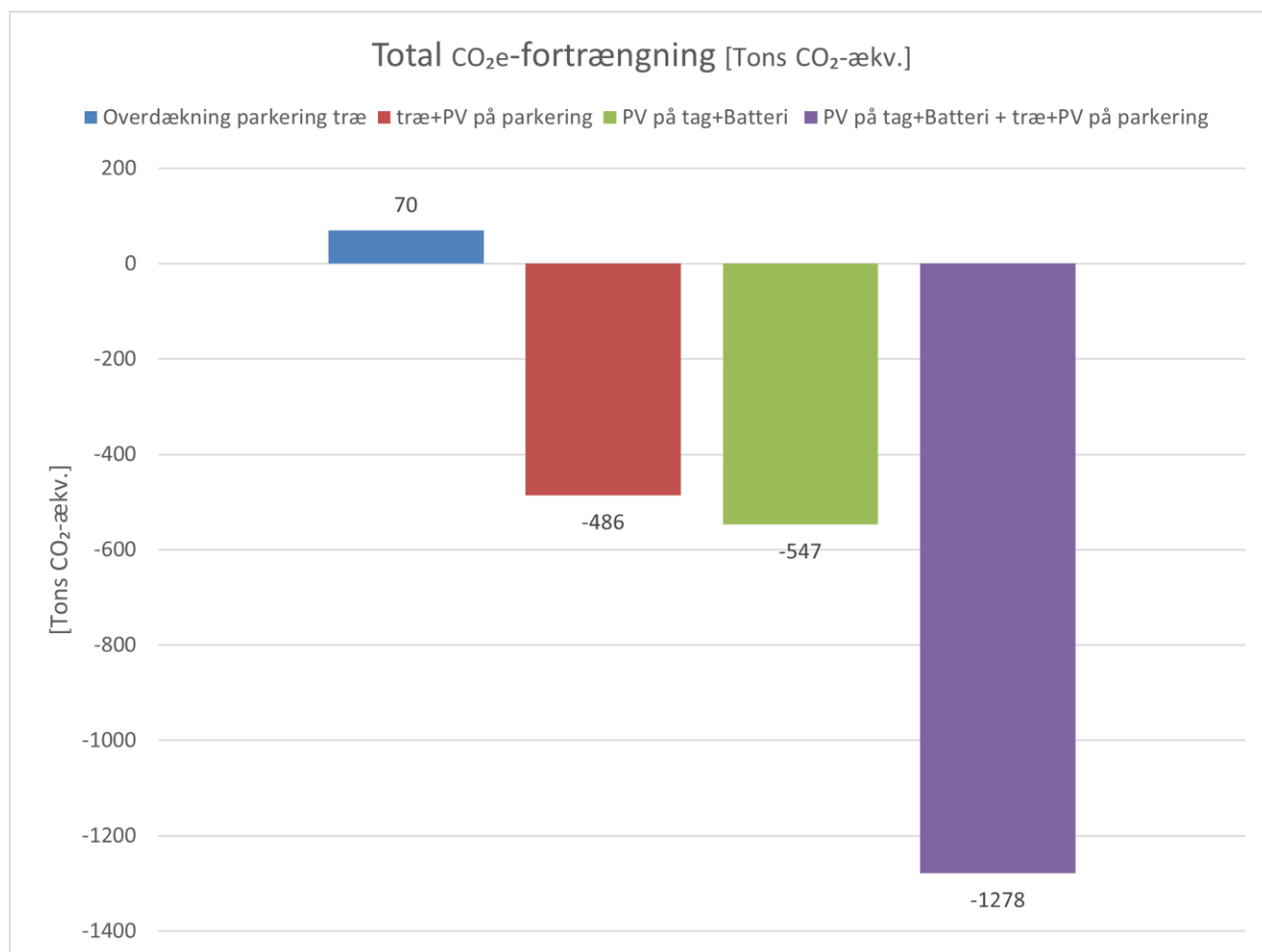
Projektets findings er kommunikeret i 2 forsknings artikler.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Key resultat fra business casen og totaløkonomi samt CO<sub>2</sub> fortrængs effekt fra klima resultater baseret på fortrængt energi i et levetidsperspektiv beskriver økonomien og CO<sub>2</sub>e fortrængningspotentiale ved at forankre el-produktionen lokalt og koble el produktion til e-mobilitet.

Samlet økonomi tilbagediskonteres til Nutidsværdi for 50 år (se Fig 46 og tabel 13). Ved PV på parkeringsareal opnås et positivt overskud i forhold status quo på 88,5 millioner kroner. Fremskrives det nuværende el-behov med fremskrevne elpriser bliver den tilbagediskonterede samlignelige Nutidsværdi en samlet udgift på -304,2 millioner kr.



Figur 74 Samlet CO<sub>2</sub>-ækv fortrængningspotentiale for 4 beregnede scenarier. Et fuldt scenarie 4 med tag og parkeringsareal udnyttet fortrænger samlet over 25,5 Tons CO<sub>2</sub>-ækv årligt beregnet for i et 50 årigt levetids perspektiv.

## Rapport for hvordan projektorganisationen har formidlet og offentliggjort skriftlig og mundtlig information om projektet.

Projektets resultater er samlet og formidlet i afslutningsrapporten, som danner grundlag for videre formidling. Projektets hovedresultater og formidlingsform er desuden blevet bearbejdet på interne møder i projektgruppen i overensstemmelse med fasebeskrivelsen og de beskrevne arbejdsplaner og har været på dagsordenen bl.a. på Aarhus Airports direktions- og bestyrelsesmøder.

Af de underskrevne erklæringer om deltagelse i det planlagte energiselskab er Greybird Pilot Academy og Kjeld Berg ikke en del af aktørgruppen for Energifællesskabet. Der har ikke været skriftlig kommunikation fra Aarhus Airport til disse; al kommunikation vedrørende Energifællesskabet har været mundtlig. Begge parter har fra projektets start været informeret om formålet sammen med de mulige økonomiske fordele.

Projektet har indgået i præsentationer om partnerskaber og udvikling af grøn energi på døde arealer, og ESG i Aarhus Airport, som er blevet brugt på bl.a. ledergruppemøder med ca. 30 deltagere fra AAR.

I løbet af business casen indgår Aarhus Airport forhandlinger med potentielle investorer. Dette er en lang proces, hvor det er uvist, hvor og hvornår etableringen og realiseringen af projektet kan finde sted.

Alle relevante parter, der er involveret i drift, ejerskab og den fremtidige overtagelse af lufthavnen, er fuldt orienteret om både business casen og det kommende projekt. Dette omfatter nuværende ejere, potentielle kommende ejere, og lufthavnens bestyrelse, som alle har haft indsigt i projektets indhold, formål og perspektiver.

Der er bred enighed blandt de involverede parter om, at projektet er relevant og det er forsat et ønske og en prioritet at etablere et energifællesskab og opføre solcelleoverdækkede arealer til formålet som beskrevet i business casen på et eller flere af lufthavnens døde arealer.

## Eksterne møder hvor vi har fortalt om projektet

### Workshop/netværksgruppemøde Bærbart under Fonden VisitAarhus 1. april 2025

På mødet deltog udover aktør fra Aarhus Airport, Agnete Roesdahl, desuden repræsentanter fra hotel- og restaurationsbranchen, museer, dyre- og forlystelsesparker i Aarhus, Horsens, Silkeborg og Djurslandsområderne.

Pga. GDPR kan deltagerliste ikke oplyses.

På netværksmødets workshops – med fokus på, hvordan gæsteoplevelsen af grønne tiltag påvirker turismen og den enkelte virksomhed – præsenterede jeg projektet Energifællesskabet og idéen om at udnytte døde arealer med solcelleoverdækninger til at producere energi til fællesskabet og nedbringe scope 1 udledninger.

Gæster og brugere af AAR vil blive mødt af et visuelt stærkt og bæredygtigt design på parkeringspladser og eventuelle gangarealer mod terminalerne. De vil opleve solcelleoverdækkede parkeringsforhold og tør adgang til og fra terminalerne som en væsentlig forbedring af deres helhedsoplevelse af lufthavnen.

At gæsterne samtidig kan se de solceller, der producerer grøn strøm til opladning af deres biler og til Energifællesskabet, giver dem en konkret følelse af at bidrage til noget positivt for miljøet, hvilket styrker sandsynligheden for, at de vælger Aarhus Airport til fremtidige rejser eller konferencer.

Projektet vakte interesse og udløste spørgsmål både om selve solcelleoverdækningerne og økonomien bag, men også om konceptet energifællesskaber – herunder hvordan det kan tiltrække økonomiske ressourcer og styrke virksomheders positionering som miljøansvarlige. Jeg tog min pc frem og viste følgende slides for at vise, hvordan projektet også indgår i ESG-arbejdet:

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

### Rapport for Kommunikation

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362

Følgende to relevante slides blev vist som eksempel på, hvordan Aarhus Airport arbejder med ESG og partnerskaber:

LOSE YOUR HEART ✈

#### Hvad gør vi i dag

**VI BRUGER UDELUKKENDE GRØN STRØM** 🌱

- Ved at indkøbe VINDenergi fra danske vindmøller til hele vores elforbrug, sikrer vi, at vores elforbrug er CO<sub>2</sub>-neutral
- Bi-målere til at kunne monitorere forbrug på de enkelte enheder og sammenligne på tidl. år
- Vi udskifter til el fremfor fossilt brændstof
- Vi udvikler solcelleprojekter, herunder samarbejde med ENERGIFÆLLESSKABET støttet af ENS
  - Overdækning af døde arealer med soleceller – P-pladser, gangarealer.

**VI ER EN ATTRAKTIV ARBEJDSPLADS MED GODE FORHOLD OG LOYALE OG STOLTE MEDARBEJDERE**

- Vi måler på diversitet, arbejdsforhold, work-life balance, uddannelse, orlov, etc.
- Vi er medlem af relevante ERFA grupper med fokus på forbedring af forhold for vores gæster og for sikkerhed

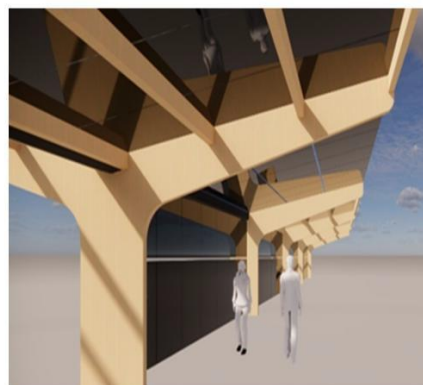
**VI SIKRER ARBEJDSPLADSEN OG BESKYTTER MEDARBEJDERNE**

- Whistleblower ordning
- Diverse poliikker, bl.a. politik for sund virksomhedskultur

## Partnerskaber: Energifællesskabet

### Status

- Deltagende virksomheder inkluderer Dansolar, CLT, Bjerg Arkitekter, AAR m.fl.
- Bevilling på DKK 750.000 fra Energistyrelsen til business case
- P.t. regnes på økonomi for overdækning af P2 → når areal er afsat, søges midler til opførelsen



# Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

## Rapport for Kommunikation

Projekt for lokalt energifællesskab og lokal forankring af klimaomstilling. Efs-sp-2024-537362



Billede 1 Billede fra mødet

Bilag fra mødet se Workshop til Bærbart netværk april 2025\_Julie Daugaard\_dentsu.pdf, BÆRBART 01.04.25 til deling.pdf og Tak for i går - slides og evaluering.pdf.

Aktør CEO Paul Riis Arndt fra DanSolar har deltaget i erhvervsnetværksgrupper og Syddjurs Kommune holdt et oplæg, hvor projektet blev fremlagt. Under anden dialog med Borgmester Michael Stegger, Syddjurs Kommune blev projektet formidlet, og borgmesteren roste det og ville tale med sit bagland og bede dem være opmærksom på projektet.

## Workshop/netværksgruppemøde JP Aurora - erfagruppe – erfagruppe møde 20. maj 2025

Der er tale om førende virksomheder eksempelvis flere energiselskaber og personer fra det offentlige statslige netværk, eksempelvis Energinet.dk

Mødeleder er Ditlev Engel:

Som led i projektets formidling til relevante erhvervsaktører deltog CEO Paul Riis Arndt fra DanSolar i et erfagruppe- og netværksmøde arrangeret af JP Aurora hos Jyllands-Posten i Mediebyen, Aarhus.

Mødet samlede repræsentanter fra virksomheder, organisationer og erhvervsnetværk med interesse for energi, teknologi og den grønne omstilling.

Pga. GDPR kan deltagerliste ikke oplyses.

På mødet blev projektet "Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE-lufthavn" præsenteret. Oplægget beskrev projektets baggrund, formål og forventede effekter samt projektets rolle i arbejdet med lokal produktion af vedvarende energi og etablering af energifællesskaber.

Der blev orienteret om projektets samarbejdspartnere, herunder Aarhus Airport, DanSolar, Bjerg Arkitekter og øvrige projektaktører, samt om projektets business case og de forventede resultater i forhold til energiproduktion, økonomi og reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning.

Præsentationen havde desuden fokus på mulighederne for at etablere solcelleanlæg og energiinfrastruktur på Aarhus Airports såkaldte døde arealer, hvor produktion af vedvarende energi kan integreres i eksisterende arealanvendelse.

Under oplægget blev der vist slides fra projektets præsentationsmateriale, hvor projektets partnerskaber, tekniske løsninger og økonomiske scenarier for etablering af solcelleanlæg og energilagring blev gennemgået.

## Workshop/netværksgruppemøde Djurslands erhvervsrådsmøde 20. november 2025

Der er tale om håndværksvirksomheder og produktionsvirksomheder eksempelvis Carletti og Grenå Havn:

Som led i projektets eksterne formidling deltog CEO Paul Riis Arndt fra DanSolar i et erhvervs- og netværksmøde med deltagelse af virksomheder og organisationer med interesse for energi, teknologi og grøn omstilling.

Pga. GDPR kan deltagerliste ikke oplyses.

På mødet blev projektet "Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE-lufthavn" præsenteret. Oplægget beskrev projektets baggrund, samarbejdspartnere og formål samt potentialet for etablering af et lokalt energifællesskab baseret på produktion af vedvarende energi.

Der blev orienteret om projektets tekniske og økonomiske grundlag samt de forventede effekter i forhold til energiproduktion og reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning.

I forbindelse med oplægget blev der vist slides fra projektets præsentationsmateriale, som dokumenterer projektets indhold, partnerskaber og mulige etableringsscenarier.

Se nedenstående præsentationsmateriale anvendt ved de to oplæg 20. maj og 20. november 2025:



# Solcelleprojekt i Aarhus Airport

Nye standarder for cirkulær energianvendelse på parkering og tage

Præsentation til Business  
Djurstrand

## Udviklingsprojekt i

### analysefasen

- Undersøger parkeringsarealer og bygningstage som energicentre.
- Ser på energiproduktion, arealanvendelse, drift og deling af lokalt produceret strøm.
- Gennemføres af Aarhus Airport, Bjerg Arkitektur, CLT Danmark og DanSolar.

## Projektets fokus

**Parkering**  
eksisterende befæstede  
arealer

**Batteri**  
lagring og robust drift

**Tage**  
aktivering af tagflader

**Energifællesskab**  
lokal deling mellem aktører



REGIONALT PERSPEKTIV

## Projektets kerne

### Hvorfor er projektet

#### interessant?

- Projektet udfordrer den gængse placering af solceller på natur- og landbrugsjord.
- Det undersøger i stedet, hvordan eksisterende arealer i lufthavnen kan bruges mere aktivt.
- Målet er at dokumentere modeller for produktion, drift og arealudnyttelse med lavere naturbelastning.
- Projektet har støtte fra Erhvervsministeriet via Energistyrelsen.



*Aarhus Airport har grønne ambitioner, og vi ønsker at optimere brugen af vores omgivelser med respekt for naturen.*

Lotta Sandsgaard, administrerende direktør, Aarhus Airport



AREALELOGIK

## Fra passive flader til aktiv infrastruktur

### Typisk tilgang

Solceller tænkes ofte på naturområder eller landbrugsjord.

- Nye arealinteresser kan kollidere med natur og biodiversitet.
- Energianlæg ses som noget adskilt fra den eksisterende infrastruktur.
- Værdien vurderes ofte snævert på anlæg og produktion.

Arealpres og naturnensyn

Fra passive flader til energicentre

### Aarhus Airport-model

Projektet bruger de allerede befæstede flader som energicentre.

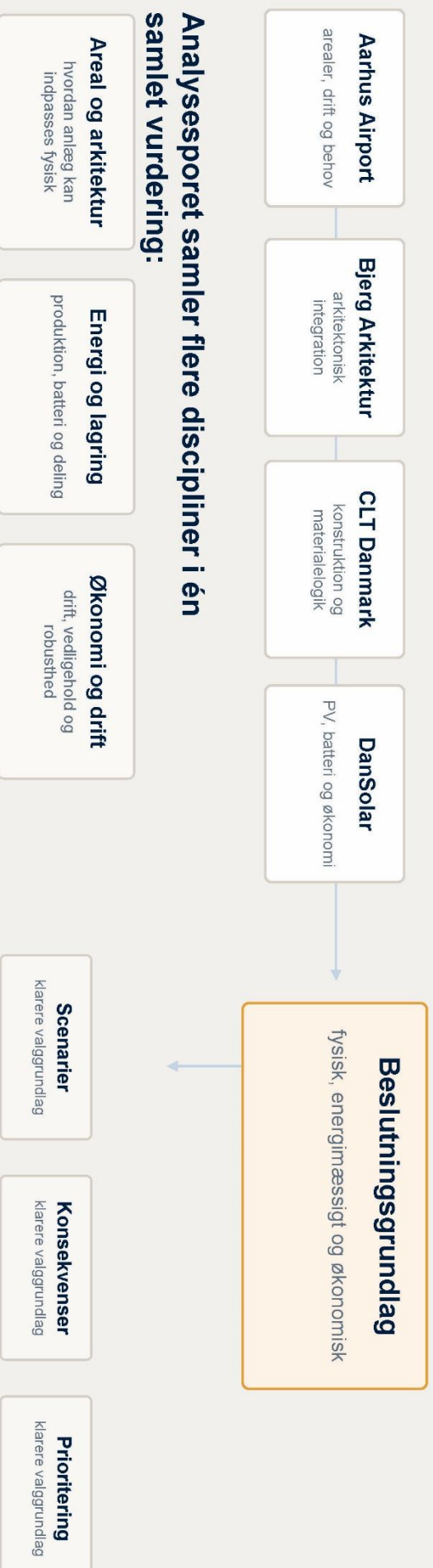
- Parkering og tage får en ny funktion i den grønne omstilling.
- Lokal produktion kan kombineres med batteri og deling mellem flere aktører.
- Effekten vurderes over levetid, drift og robusthed - ikke kun CAPEX.

Eksisterende infrastruktur



PROJEKTORGANISATION

## Samarbejde og analyser



**Analysesporet samler flere discipliner i én samlet vurdering:**



INVESTERINGSLOGIK

## Totaløkonomi og driftssikkerhed

Projektet vurderer løsninger over hele levetiden - ikke kun anlægsprisen.

<b>Totaløkonomi</b>	drift, vedligehold, energiforbrug og robusthed indgår i samme regnestykke
<b>Forsyningsikkerhed</b>	batterilagring analyseres som buffer mod udfald og ustabilitet i el-forsyningen
<b>Lufthavnsdrift</b>	kontinueret drift kræver løsninger, der er teknisk og operationelt robuste

Lagring analyseres som buffer mod udfald og ustabilitet i el-forsyningen og som led i en mere robust driftsmodel.

**Batteri som robusthedslag**

**Mindre netafhængighed** lokal produktion kan understøttes med lagring

**Bedre balance** udsving mellem produktion og forbrug kan håndteres bedre

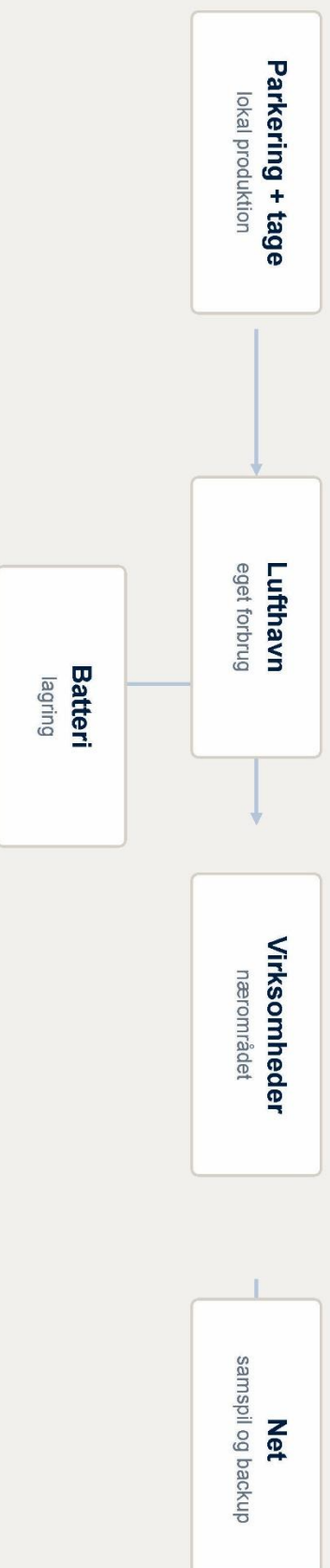
**Stærkere robusthed** relevant i et miljø med krav om kontinueret drift



PERSPEKTIV

## Energifællesskab og skalerbarhed

Projektet ser også på, om lokalt produceret strøm kan deles mellem flere aktører i og omkring lufthavnen.



Erfaringerne skal kunne bruges bredere på andre befæstede flader som støjskærme, tage, parkeringsanlæg og lignende infrastrukturer.



MALRETTET VINKEL

## Relevans for Business Djursland

### Regional grøn profil

et synligt demonstrationsprojekt med lokal værdi og fortællekraft

### Erhvervsudvikling

kan åbne for nye samarbejder om energi, byggeri, drift og finansiering

### Arealansvarlig omstilling

viser en model uden beslag på natur og landbrugsjord

### Skalerbar case

kan inspirere flere større arealer og virksomheder på Djursland

### Gode drøftelser i rummet

- Hvilke andre store befæstede arealer på Djursland kan være næste case?
- Hvordan kan projektet styrke lokal værdiskabelse og partnerskaber?
- Hvad skal der til for at løfte fra analyse til investerbar pipeline?

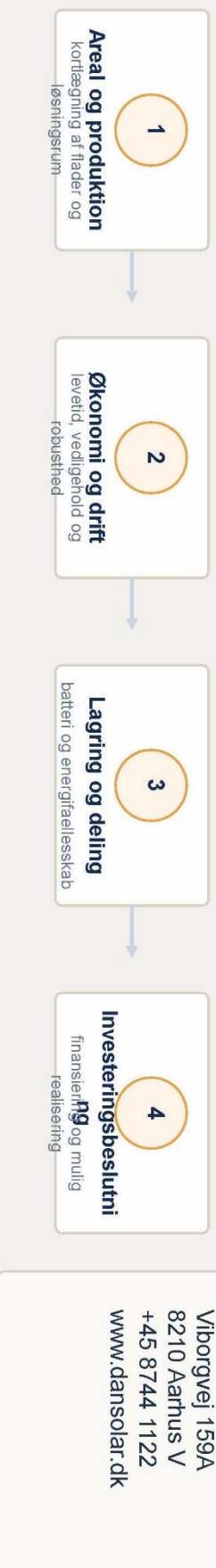
*Budskab: projektet er relevant som regional demonstrationscase.*



AFSLUTNING

## Status og næste skridt

Projektet er fortsat i analyse- og udviklingsfase. Resultaterne skal danne grundlag for eventuelle beslutninger om finansiering og realisering.



### Tak for opmærksomheden

Næste skridt kan være dialog om skalerbare cases og lokale partnerskaber.

## På hjemmesider er projektet præsenteret

I projektgruppen er der lagt information op om projektet.

Dansolar: <https://dansolar.dk/solcelleprojekt-og-energif%C3%A6llesskab-med-aarhus-airport>

Aarhus Airport: <https://www.aar.dk/aarhus-airport-undersoeger-nye-standarder-for-cirkulaer-energianvendelse/>

Bjerg arkitektur: Forskningsartikler og slutrapport er lagt ud: <https://bjerg.nu/bjerg-green-lab/>

Se skærmpoint fra hjemmesiderne bagerst i dokumentet.

## Præsentation af projektet på internationale konferencer

Delresultater fra projektet præsenteres på en International konference i Østrig og senere på en International Konference i Helsinki.

Energi, klima og effekter på biodiversitet er beregnet og fremlægges på en international konference for Bioenergi. Effekt på Biodiversitet bygger på forskningsresultater for hvor meget natur der potentiel kan opstå når PV opsættes på døde arealer i stedet for grønne arealer hvor der potentielt kan etableres ny naturskov i stedet. Effekten på den brugte mængde træ til konstruktioner er medtaget i biodiversitetsbalancen. Resultaterne viser meget store positive effekter for naturen ved at etablere PV on site, reducere energiforbrug og derved reducere mængden af biomasse brugt til energiproduktion og samtidig undgå at opstille PV på arealer hvor der kan etableres ny skov i stedet.

To case baserede forskningsartikler er medtaget delresultater fra projektet til to relevante konferencer:

- **CEBC2026** Europæisk energikonference, der hvert 3. år afholdes i Graz – Østrig, med fokus på grøn energi- og klimaomstilling, primært baseret på udnyttelse af biobaseret energi og ressourcer suppleret af grøn el som PV-anlæg.<sup>1</sup>
- **IFME 2026 Helsinki**, International konference med fokus på grøn omstilling af urbane miljøer.<sup>2</sup>

Konferencer efterlyser case-baserede projekter, der viser nye veje for den grønne omstilling. Processen er at der først indsendes et abstrakt med beskrivelse af tema indenfor et af konferencens udskrevne temaer, metodebeskrivelse og forventede resultater beskrives i et afgrænset abstrakt. Ønskes abstraktet medtaget på konferencen, efter det af en forskningskomite er godkendt, detaljeres det yderligere og der udføres præsentationsmateriale.

Begge konferencer afholdes i 2026, men har et review forløb i projektperioden 2025 og er medtaget i rapporten med et afsnit vedr. perspektivering, hvor indhold til konferencer beskrives. Fokus har været at med lokal forankring af energi flow – forbrug og produktion på dødearealer, sker en økonomisk, energimæssig optimering – med miljømæssig bonus, fordi grønne arealer ikke udnyttes. Samtidig er det muligt at udnytte biobaserede materialer. Summen af de driftsrelevante tiltag og de materialebaserede designvalg med mulighed for genbrug giver klimaoptimering, der performer bedre end hvis et tilsvarende ”off-site” PV-anlæg producerer samme energimængde til nettet. Herudover er der medtaget beregninger på det ækvivalente fodaftryk på landskabet ved at placere PV energiproduktion On-site og lokalt forankret på døde arealer – sammenlignet med off-site anlæg. Der er en stigende udfordring med at udlægge tilstrækkeligt areal til den nødvendige udbygning af solenergi anlæg i Danmark. Derfor er der behov et vidensgrundlag hertil som del af et politisk beslutningsgrundlag.

Begge konferencer er målrettet udførende – dvs. alle interessenter i kæden fra råstof over produktion til forbrugerleddet og et overordnet samfundsniveau samt fremtidig EU strategi.

Der er skabt bred mulighed for partnerskaber og evidensbaseret ekstern kommunikation på tværs af fagskel. To artikler er godkendt til præsentation. Den ene er afholdt i Graz – Østrig. Et andet er videnskabeligt fag-godkendt og udvalgt til præsentation i Helsinki.

---

<sup>1</sup> [https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/CEBC2026\\_1812.pdf](https://www.biomasseverband.at/wp-content/uploads/CEBC2026_1812.pdf)

<sup>2</sup> Programme - RIL - Finnish Association of Civil Engineers

## SOLCELLEPROJEKT I AARHUS AIRPORT

### Solcelleprojekt i Aarhus Airport undersøger nye standarder for cirkulær energianvendelse

Aarhus Airport arbejder med et udviklingsprojekt, hvor parkeringsarealer og bygningstage undersøges som potentielle energicentre, der kan producere grøn strøm til lufthavnen og virksomheder i nærområdet. Projektet har opnået støtte fra Erhvervsministeriet via Energistyrelsen og har til formål at analysere og dokumentere nye modeller for energiproduktion, arealanvendelse og drift.

Projektet tager udgangspunkt i ønsket om at udfordre den gængse placering af solcelleanlæg på naturområder eller landbrugsjord. I stedet undersøges det, hvordan eksisterende, befæstede arealer i lufthavnen kan anvendes mere aktivt. Parkeringsarealer og tage udgør i dag overflader med begrænset biodiversitet og betegnes ofte som såkaldte "døde" CO<sub>2</sub>-kvadratmeter, idet de ikke bidrager positivt til et samlet CO<sub>2</sub>-regnskab. Projektet ser på, hvordan disse arealer kan aktiveres til energiproduktion og dermed få en ny funktion i en samlet grøn omstilling.

*"Aarhus Airport har grønne ambitioner, og vi ønsker at optimere brugen af vores omgivelser med respekt for naturen. Langt størstedelen af vores gæster ankommer til lufthavnen i bil, og vi har derfor behov for store parkeringsanlæg. I dette projekt undersøger vi, hvordan disse arealer kan anvendes mere aktivt i den grønne omstilling og samtidig tænkes sammen med økonomi og drift,"* siger Lotta Sandsgaard, administrerende direktør i Aarhus Airport.

Udviklingsprojektet gennemføres i samarbejde mellem Aarhus Airport, Bjerg Arkitektur, CLT Danmark og DanSolar. Samarbejdet samler arkitektoniske, tekniske og energifaglige kompetencer og har til formål at belyse både de fysiske, energimæssige og økonomiske konsekvenser af forskellige løsningsmodeller. Projektet omfatter også analyser af muligheden for at etablere energifællesskaber, hvor lokalt produceret strøm kan deles mellem flere aktører i og omkring lufthavnen.

#### Totaløkonomi, cirkulær økonomi og driftssikkerhed

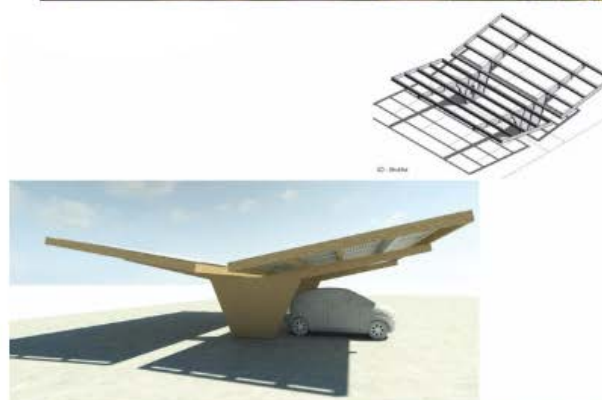
Som en del af projektet arbejdes der med et totaløkonomisk perspektiv, hvor løsninger vurderes over deres fulde levetid. Det indebærer analyser af drift, vedligehold, energiforbrug og robusthed frem for alene anlægsomkostninger. Formålet er at skabe et solidt beslutningsgrundlag, der kan anvendes, hvis projektet senere skal omsættes til konkrete investeringer.

Et særligt fokusområde er forsyningsikkerhed. Projektet undersøger, hvordan lokal energiproduktion kombineret med batterilagring kan bidrage til at reducere afhængigheden af det eksterne el-net. I et lufthavnsmiljø, hvor kontinueret drift er afgørende, analyseres det, hvordan energilagring kan øge robustheden ved eventuelle udfald eller ustabilitet i el-forsyningen.

#### Udviklingsprojekt med bredere perspektiv

Ambitionen med projektet er at udvikle og dokumentere energimodeller, der kan bidrage til grøn omstilling uden at belaste natur og biodiversitet. Erfaringerne skal kunne anvendes bredere og give inspiration til andre sammenhænge, hvor eksisterende infrastrukturer som tage, parkeringsarealer, støjskærme og andre befæstede flader kan tænkes ind i fremtidens energiløsninger.

Projektet befinder sig fortsat i en analyse- og udviklingsfase. Resultaterne skal danne grundlag for eventuelle næste skridt, herunder beslutninger om finansiering og realisering.



Nyheder /

## Aarhus Airport undersøger nye grønne standarder: Cirkulær energianvendelse

11-09-2025



Aarhus Airport er – i samarbejde med Bjerg Arkitektur og DanSolar – i gang med et ambitiøst udviklingsprojekt. Projektet skal vise, hvordan eksisterende infrastruktur kan bruges langt mere aktivt i den grønne omstilling.

Med støtte fra Erhvervsministeriet via Energistyrelsen undersøger Aarhus Airport, hvordan parkeringsarealer og bygningstage kan omdannes til energicentre, der producerer lokal, grøn strøm til både lufthavnen og virksomheder i området. I stedet for at placere solcelleanlæg på naturområder eller landbrugsjord fokuserer projektet på de store, befæstede flader, som allerede findes i lufthavnen. Disse overflader betegnes ofte som "døde" CO<sub>2</sub>-kvadratmeter, men projektet viser, hvordan de kan få nyt liv som aktive bidragydere til energiproduktion og cirkulær arealanvendelse.

*"Vi ønsker at udnytte vores arealer smartere og samtidig tage hensyn til naturen. Når så mange af vores gæster ankommer i bil, giver det god mening at undersøge, hvordan parkeringsarealerne kan spille en rolle i den grønne omstilling."*

Lotta Sandsgaard, administrerende direktør i Aarhus Airport.

Projektet gennemføres i samarbejde med Bjerg Arkitektur, CLT Danmark og DanSolar og kombinerer arkitektur, teknik og energifaglighed. Samarbejdet skal dokumentere både de fysiske, energimæssige og økonomiske konsekvenser af forskellige løsningsmodeller – herunder potentialet for lokale energifællesskaber.

Et centralt fokus er totaløkonomi og driftssikkerhed. Projektet analyserer løsninger ud fra hele deres levetid og undersøger, hvordan lokal energiproduktion kombineret med batterilagring kan øge robustheden i et miljø, hvor stabil drift er afgørende. Ambitionen er at skabe modeller, der kan inspirere bredt – også uden for lufthavnsverdenen. Erfaringerne skal vise, hvordan tage, parkeringsarealer, støjskærme og andre eksisterende infrastrukturer kan blive en aktiv del af fremtidens energisystemer uden at belaste natur og biodiversitet.

Projektet på nuværende tidspunkt fortsat i analysefasen. Resultaterne skal danne grundlag for eventuelle beslutninger om finansiering og realisering.

## Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

[Hjem](#) / [Documents](#) / Energifællesskab med Aarhus Airport som center for fremtidens VE lufthavn.

november 20, 2025

Rapporten er en slutrapport for projektets første planlægning, etablering og organisering. I tråd med formålet for puljen kan rapporten bruges som inspirationseksempel for samme type projekter, der gennemføres med henblik: udvikling og anvendelse af løsninger, der omfatter produktion, levering, forbrug, deling af elektricitet, varme eller køling, aggregering, energilagring, fleksibilitets- og energieffektivitet.

Projektet er inspireret af solcelle overdækkede parkeringsarealer ved andre lufthavne der erstatter solceller på grønne dyrkningsarealer. Projektets resultater i slutrapporten indeholder analyser af økonomi, klima- og areal effektivitet. Delresultater er brugt som grundlag for forskningsartikler på 2 globale konferencer for energi og og videre formidling på digitale netværk.

Den samlede klimareduktion fra scenarie PV2 (overdækning af parkering) er 9,7 tons CO<sub>2</sub> eq. årligt. Klimareduktion for scenarie med solceller på giver en klimareduktion på 10,9 CO<sub>2</sub> eq. og et samlet scenarie med solceller på parkering og tag resulterer i en klimareduktion på 25,6 CO<sub>2</sub> eq. tons årligt.

### Related Posts

[Sustainable Biodiversity – Effects of Using more wood in construction](#)

