



# Skitseprojektforslag Solcelleanlæg

A/B Kongens Vænge  
Stradellasvej / Tartinisvej 2-28, 2450 København SV



Udarbejdet 31. marts 2016 af Mikkel F. Gunnløgsson

○ AARHUS  
Vestre Kongevej 4-6  
DK • 8260 Viby J • Aarhus  
Tel.: +45 87 34 0600  
Email: arh@dem-esb.dk

○ KØBENHAVN  
Galionsvej 64  
DK • 1437 København K  
Tel: +45 88 27 3300  
Email: kbh@dem-esb.dk

○ SØNDERBORG  
Kongevej 58  
DK • 6400 Sønderborg  
Tel: +45 73 42 3100  
Email: sdb@dem-esb.dk



## INDLEDNING

Som et led i Solar City Copenhagens skitseprojekteringsordning er der udarbejdet et skitseprojektforslag til solcelleanlæg på matr.nr. 326, 327, 318 og 325 Kongens Enghave til Boligforeningen A/B Kongens Vænge, Stradellasvej og Tartinisvej 2-28, 2450 København SV.

## BESKRIVELSE AF BYGNINGER

A/B Kongens Vænge består af 2 etageboligblokke, en på Stradellasvej og en på Tartinisvej. Plan for området med adresser kan ses i Figur 1.

Bygningerne er opført i 1940 og udgøres begge af 4 boligetager, kælder og uisoleret tagrum. Taget er en saddeltagskonstruktion med gitterspær og bølgeeternitbeklædning uden undertag.

Der er ca. 220 boliger og 2 erhvervslejemål i bygningerne. Erhvervene har adresse på Wagnersvej.

I kælderen forefindes bl.a. fællesvaskeri og ejendomslederkontor.

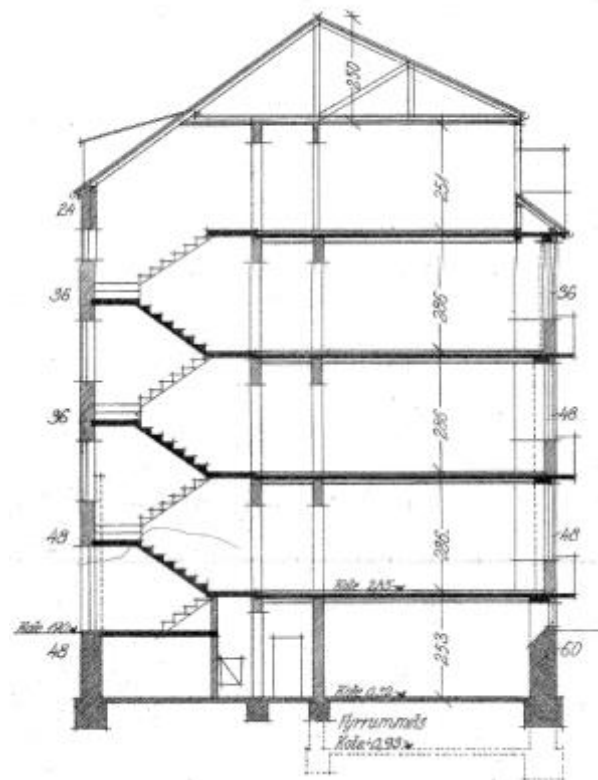
Taget har en hældning på 25° mod vest og facaden er orienteret ca. 9° fra vest mod syd. Det er oplyst, at tagpladerne er totaludskiftet i 2004-2005. Et snit gennem bygningen kan ses i Figur 2

Der er ingen mekaniske ventilationsanlæg i bygningerne, og det største faste effektforbrug i fællesinstallationerne udgøres derfor af de 4 vaskerier, kælder- og trappebelysningen samt varmecentraler og installationer til div. regnvandspumper og krydsfelter.

Vaskerierne udgøres alle 4 af 2 store vaskemaskiner og en tørretumbler. Disse er pt. gasforsynede, men boligforeningen oplyser, at man ved næste udskiftning vil overgå til el-forsynede tumblere.



Figur 1: Oversigtsplan for bygningerne.

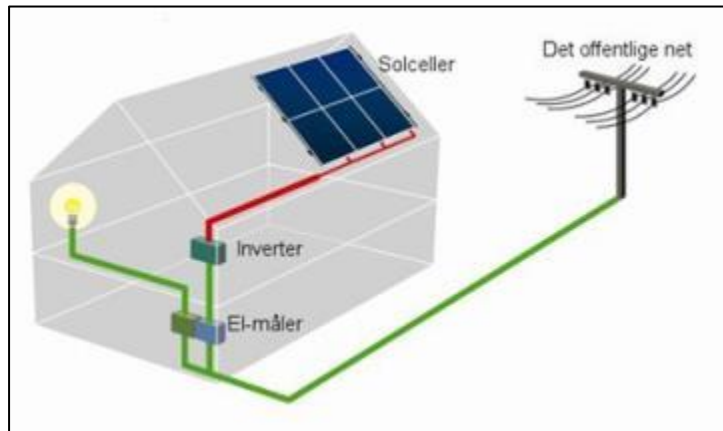


Figur 2: Snit i bygning (set fra nord).

## GENEREL OPBYGNING OG PLACERING AF SOLCELLEANLÆG

Principielt består et nettilsluttet solcelleanlæg af et antal sammenkoblede solcellemoduler, der ved solpåvirkning producerer en jævnstrøm. Denne omformes i en vekselretter (også kaldet "inverter") og fødes derefter ind på det offentlige elnet, hvor den enten optages af elforbrugende installationer på selve produktionsstedet, eller af andre el-kunder.

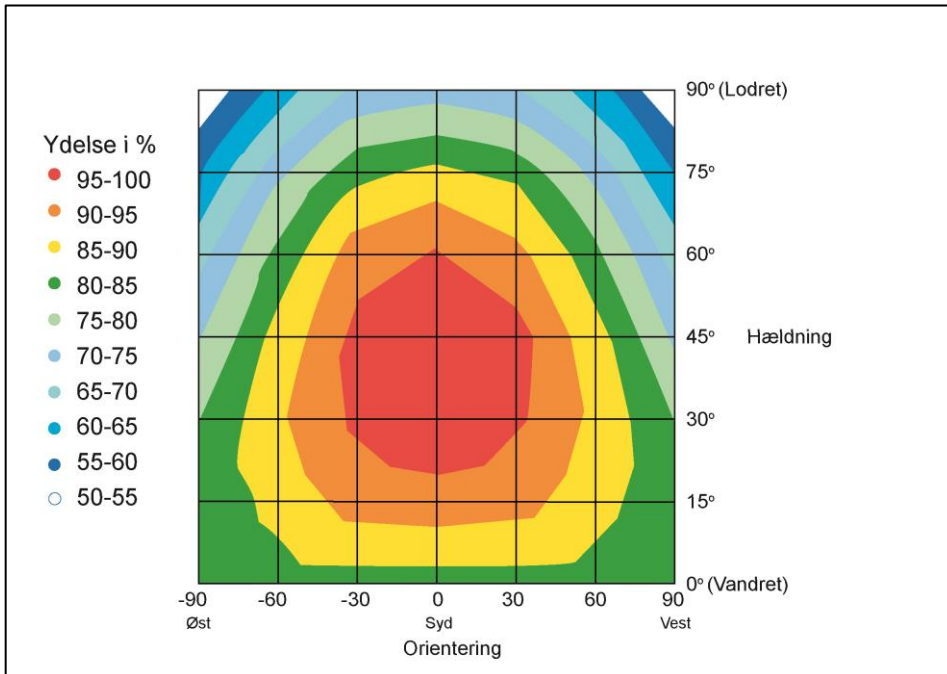
Når strømmen optages af egne installationer, vil man som kunde opleve, at el-måleren løber langsommere, og at man med andre ord køber mindre strøm fra nettet, fordi man har produceret den selv. I Figur 3 ses en principskitse for et nettilsluttet solcelleanlæg.



Figur 3: Princip for et nettilsluttet solcelleanlæg.

Et solcelleanlæg skal placeres, så det får så stor eksponering for solen som muligt.

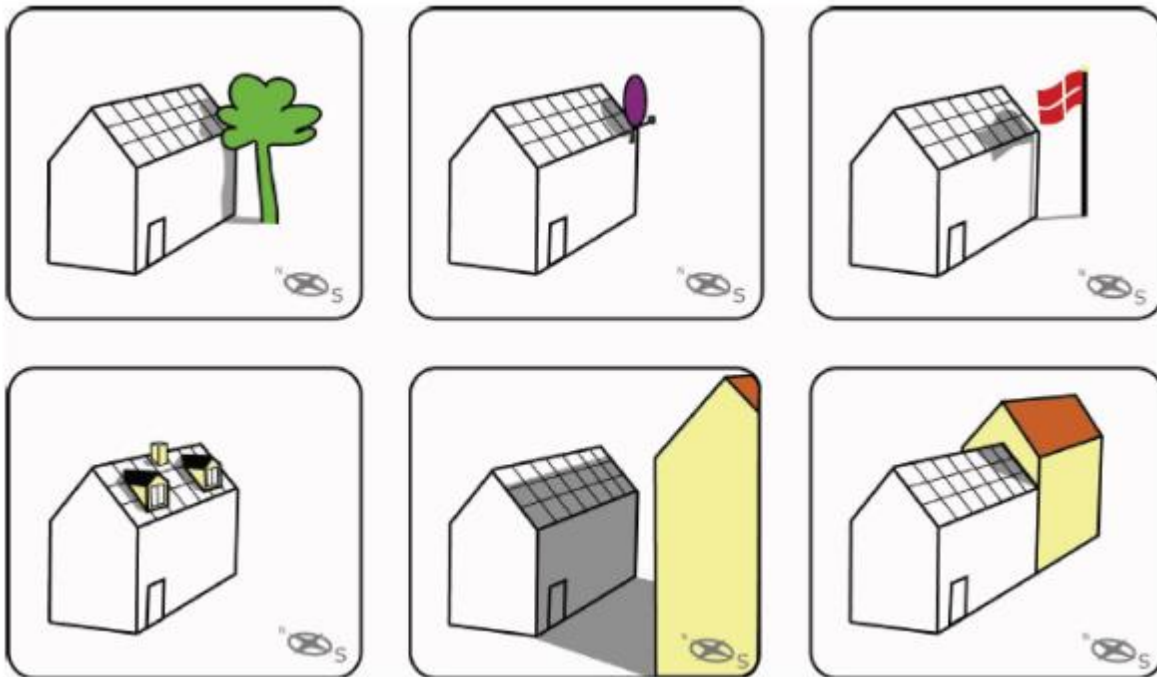
Et solcelleanlæg i Danmark er optimalt orienteret mod syd med en hældning på omkring 40° i forhold til vandret, men så længe orienteringen er mellem øst og vest, og hældningen i forhold til vandret er mellem 15 og 45 grader (op til lodret ved sydvendte), opnår man en relativt god virkningsgrad (ikke under 0,75) på sit anlæg. Typisk forringelse af virkningsgraden set i forhold til taghældning og orientering i forhold til syd kan ses i Figur 4.



Figur 4: Typisk virkningsgrad i forhold til hældning og orientering .

Derudover er det vigtigt, at der ikke er elementer, der kan kaste skygger på cellerne såsom træer, bygningsdele, antenner, skorstene eller lignende. Dette fordi solcelleanlæggets samlede ydelse bliver markant reduceret af selv delvise skyggepåvirkninger, da panelerne er serieforbundne.

Der kan godt kompenseres for dette, hvis skyggerne på ingen måde kan undgås enten ved at vælge en celletype, der er mindre skyggefølsom (såsom tyndfilm), ved indbygning af mikroinvertere eller ved en såkaldt "intelligent opstrengning", men alle disse alternativer fordyrer anlægsomkostningerne, hvorfor den gyldne regel altid vil være, at solcellemoduler kun skal placeres i zoner, der er fri for alle former for skygger, mens der falder sol på dem. På nedenstående figur ses et par eksempler på typiske skyggegivere.



Figur 5: Typiske skyggegivere (illustration fra [www.altomsolceller.dk](http://www.altomsolceller.dk)).

Integration i bygningsdele såsom tagfladen, også kaldet BIPV (**B**uilding **I**ntegrated **P**hoto**V**oltaics), kan tit være et ønske eller et krav enten pga. myndigheder eller af æstetiske årsager. Integrationen foregår typisk ved, at man "planforsænker" panelerne i en lunke i taget.

Det er ikke altid muligt at matche farven på den bygningsdel, som cellerne skal fæstnes til, da krystallinske celler som udgangspunkt leveres i standardfarverne sort eller blåligt skær afhængigt af det valgte solcelleprodukt.

Den typiske metode for anvendelse i forbindelse med placering på tag vil være, at man på det udvalgte område substituerer selve tagbeklædningen med solcellepaneler, og dermed sparer på materialer til tagbeklædning i det tilfælde, at taget eksempelvis stod overfor en udskiftning alligevel.

Af samme årsag vil BIPV typisk have størst rentabilitet, når man ser på nyetablering eller renovering af en tagflade, men udelukkende være en fordyrende faktor, hvis man kun ønsker at opføre et solcelleanlæg på et eksisterende tag for at producere energi.

Celler i farver, der skal matche farven på kobbertage eller røde og gule teglsten, har i øvrigt generelt en lavere virkningsgrad, og skal specialfremstilles. Begge disse faktorer influerer kraftigt på rentabiliteten relativt set i forhold til et anlæg udført af standardkomponenter. På figur 6 kan ses et eksempel på et BIPV-anlæg kombineret med et konventionelt solcelleanlæg.



Figur 6: Sjøpassagen, København: BIPV-anlæg på de skrå, vest- og sydvendte tagflader, hvor de substituerer traditionelle skifertegl. Omkring skyggekastende tagudspring er anvendt "dummy-paneler". Udførelsen skyldes tagfladens bevaringsværdighed. På den vandrette tagflade er opsat to rækker konventionelle, sorte paneler på stativ, der giver den fornødne hældning (Foto: Gaia Solar)

## VEDLIGEHOLDELSE OG LEVETID

Et solcelleanlæg er stort set vedligeholdelsesfrit. Solcellemodulerne har en meget lang levetid, og der gives normalt produktionsgarantier på 25 år for selve modulerne. Der kan typisk forventes en levetid på i hvert fald 30 år. Garantierne på øvrige anlægsdele varierer efter anlægstype. Det vil normalt være rimeligt at udbyde et anlæg, hvor der gives en 10 års produktgaranti på inverterne, da alle seriøse producenter kan imødekomme dette.

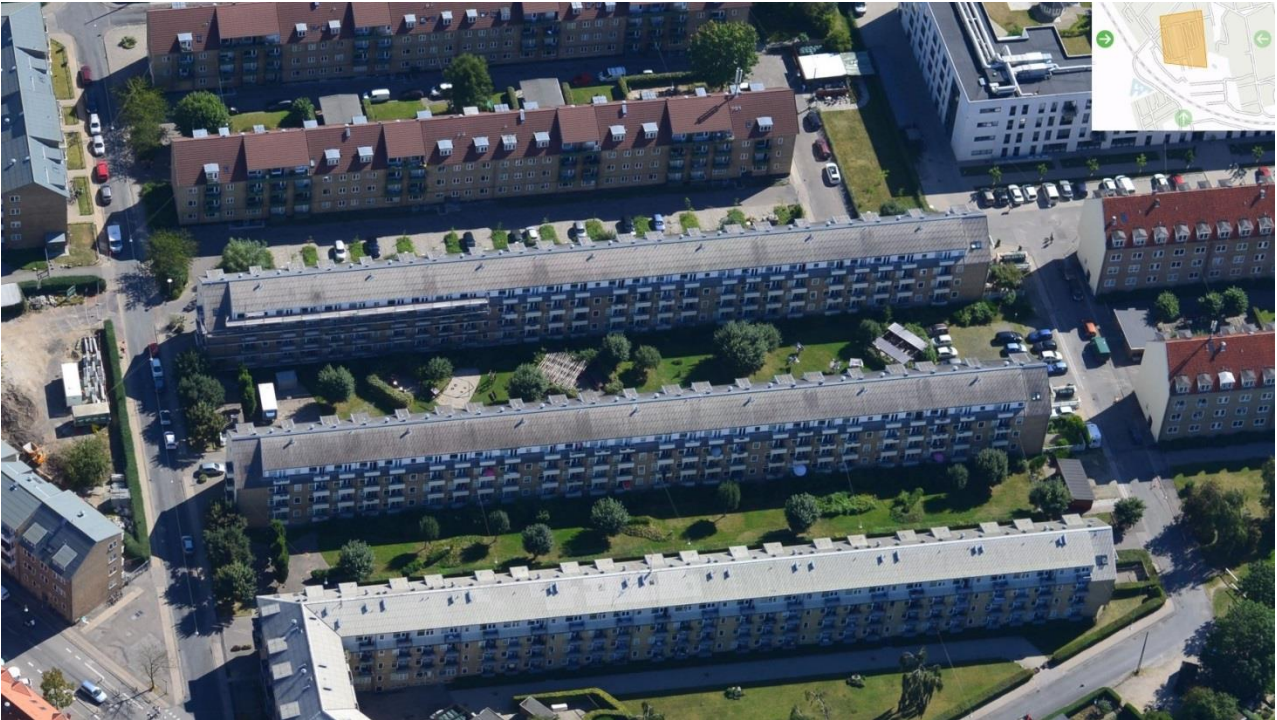
Støv, pollen og snavs vil lægge sig på solcellemodulerne, men med en hældning på minimum 15° vil solcellemodulerne i det danske klima normalt være "selvrensende", da støv, pollen og snavs skylles af ved kraftige regnskyl. Tilkøb af en detaljeret overvågningen af anlæggets elektriske data vil i kraft af information om en reduceret ydelse påvise situationer med eventuelle større samlinger af snavs, f.eks. fugleklatter på solcellemodulerne, og de pågældende solcellemoduler kan dermed hurtigt lokaliseres, så disse kan blive rengjort. Herudover er det generelt en god ide med en årlig inspektion af solcelleanlægget fysisk og elektrisk, hvorfor det anbefales, at der indgås en serviceaftale med en installatør.

## PLACERINGSMULIGHEDER OG INTEGRATION I TAGFLADEN

Bygningerne og tagene blev besøgt den 6. februar 2016 af Olaf Bruun Jørgensen og Mikkel F. Gunnløgsson (DEM-Esbensen), Kasper Bentzen-Bilkvist Rasmussen (Plan1 Arkitekter) samt ejendomsfunktionær Bjarne Kratholm.

På Figur 7 ses et skrå-luftfoto taget fra vest – hentet på [www.krak.dk](http://www.krak.dk).

På Figur 8 ses Tartinisvej-blokkens vestvendte tag fotograferet fra Stradellasvej 26.



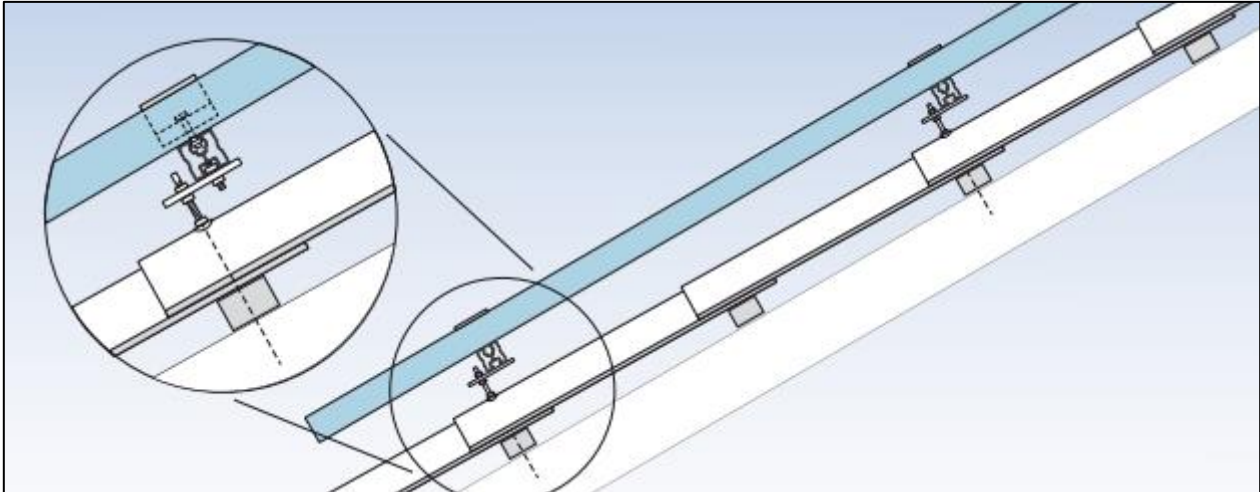
Figur 7: Skrå-Luftfoto af de vestvendte tagflader.



Figur 8: Tartinsvejs vestvendte tagflade.

De vestvendte tagflader har nærmest ingen skyggegivende objekter, hvorfor disse er oplagt til placering af solceller. Eneste mulige skyggegivere er faldstammeudluftninger og taghætter, der svagt kan anes på fig. 8.

Solcellerne vil uden det store besvær kunne monteres tagparallel på disse tagflader ved hjælp af standardbefæstelser bestående af ansatsskruer og beslag tilpasset tagtypen samt montageskinner, som det kan ses af skitse og fotografier fra div. producenter på næste side (Figur 9).



Figur 9: Div. befæstelsesmateriel, skitser og fotos fra producenter.

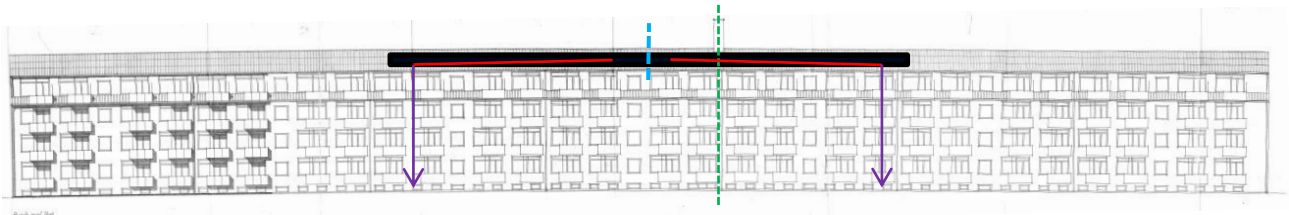


Modulerne kan placeres relativt frit på taget. Det vil dog under alle omstændigheder være tilrådeligt, at anlægget opbygges med tilslutning i de el-tavler i byggeriet, der forsyner vaskerierne, for i videst muligt omfang at kunne optage strømproduktionen i de dele af bygningernes egen fællesinstallation, der trækker mest strøm, når solen skinner.

Det blev ved besigtigelsen konstateret, at der er en brandmur i begge bygninger, og at denne er ført op til undersiden af taget. Dens placering er dog ikke midt i bygningen.

Det skal ved anlægsopbygningen helst undgås at føre kabler på tværs ved brandmuren, hvorfor det kan give god mening at opføre et anlæg, der er elektrisk adskilt fra hinanden i to dele, med hver sin tilslutning. Men af æstetiske hensyn kan det give god mening, at lade anlægget fremstå som "en samlet flåde" – centreret på taget.

En endelig detailprojektering kan afgøre det reelle behov for elektrisk adskillelse samt "flådens" udstrækning fra tagets centrum og ud mod gavlene, men et forslag til placeringen med en anlægsstørrelse på ca. 150 m<sup>2</sup> og en elektrisk opdeling med 2 invertere/tilslutninger i kælder kan ses af Figur 10 og 11.



Figur 10: Vestvendt facade. Forslag til placering af solceller. Blå linje markerer anlæggets interne opdeling. Grøn linje markerer brandvæg. Røde linjer markerer de to anlægsdeles udvendige ledningsføring (mellem paneler og tag). Lilla pile markerer ledningsføring på trapper til hver sin tavle i kælder.

Et solcelleanlæg inkl. de viste montage dele har en relativt lav systemvægt på typisk omkring 15-17 kg/m<sup>2</sup>. Ved en eventuel efterfølgende projektering af et solcelleanlæg skal der dog under alle omstændigheder udføres en statisk beregning for tagkonstruktion og solcelleanlæg. Opmåling af tagkonstruktionens spærdele blev i øvrigt foretaget ved besigtigelsen.

Såfremt integration i tagfladen ønskes, så vil man i stedet for principperne vist på figur 9 opbygge en forsænkning i taget, og i denne montere panelerne, så de fremstår planforsænkede. Der er i denne rapport ikke foretaget en detailprojektering af løsningen, og heller ikke taget højde for, om det pga. brandmuren er muligt at udføre en "samlet flåde" midt på taget – det må en evt. videre projektering afgøre. Der er dog for den senere økonomiske redegørelse regnet med en forøget anlægspris på 30 % ud fra erfaring med lignende tagtyper.

På figur 11 ses en visualisering af en mulig løsnings med integration i tagfladen.



Figur 11: Visualisering af en mulig integrationsløsning.

[Københavns Kommunes hjemmeside](#) har mulighed for at se alle byens tages "egnethed" for placering af solceller, og denne er anvendt som verifikation for den herover anbefalede placering. Som det kan ses på hjemmesiden, så er den påtænkte placering på de vestvendte tage god.



## FØRINGSVEJE OG TILSLUTNINGER

På trappeopgange er der i dag ført ledninger til antenne mm. i kabelkanaler, se Figur 12.

Kabler fra solcelleanlæg kan i to udvalgte opgange pr. blok føres frem til kælderen i nye kabelkanaler med delespor, der opsættes her. Boligforeningen bør undersøge, om de selv ejer antennekablingen og føringsvejen – og i modsat fald indgå i dialog med antennesignalleverandøren om dette.

På Figur 13 ses en målertavle, der forsyner et vaskeri. Disse er placeret i aflåste rum i kælderen ved nummer 16 og 24, og i disse rum kan invertere også placeres. Herved undgås, at inverterne udsættes for de



Figur 12: Lodret kabelkanal i opgang.



Figur 13: Målertavle.

ellers høje temperaturer, der vil forekomme i sommermånederne i tagrummet; en faktor, der kan have stor betydning for inverternes ydeevne. Servicing af invertere vil også være nemmere her – og frekvensen af opsyn med dem vil være højere. Selvom tavlerne er nye, udskiftet i 2015-16, så vurderes det, at der skal opsættes en ny gruppetavle kun indeholdende udstyr til solceller. Udskiftning af måler til en to-vejs måler vil ske som led i tilslutningen i samspil mellem den udførende installatør og forsyningsselskabet.

## LOVGIVNING OM TIMEBASERET NETTOAFREGNING

Under den nuværende lovgivning, så vil andelsboligforeningen kunne søge om tilslutning af et solcelleanlæg under den såkaldte timebaserede nettoafregningsordning. Denne ordning gør, at man indenfor en given klokkeperiode skal optage den producerede strøm i sin egen installation.

Overvågningen af dette sker via elmålerne. De holder simpelthen øje med produktion kontra forbrug (deraf "netto" i benævnelsen nettoafregning). Er der indenfor en time en overproduktion, så vil den overskydende el blive sendt ud på nettet, og dette anses som et salg af strøm.

Et evt. salg til nettet indenfor en klokkeperiode vil under den nævnte ordning i de første 10 år ske til en pris på kr. 0,60 (inkl. moms) pr. kWh – herefter til en endnu ikke fastlagt markedspris, der forventes at komme til at ligge på omkring kr. 0,40 pr. kWh. Og da foreningen i 2015 indkøbte el til en pris kr. 2,06 pr. kWh, så er overproduktion og medfølgende salg ikke en god forretning set i forhold til at forbruge den producerede strøm selv. Det er muligt at læse meget mere om de gældende regler for nettoafregning på [Energinet.dk](http://Energinet.dk). Bemærk især, at der for anlæg med forventet installation efter 1. januar 2016 skal ansøges om tilsagn for nettoafregning, og at der for at kunne opnå tilsagn kræves vedlagt enten en betinget købsaftale eller andet, der dokumenterer, at projektet endnu ikke er påbegyndt.

Det skal i øvrigt nævnes, at det desværre er forbundet med stort besvær, en stigende administrationsudgift og en kraftigt forøget anlægsøkonomi at lave et anlæg, der udover at være tilsluttet foreningens fællesinstallationer også producerer el til optag i de enkelte boligens installationer; herunder omlægning af stigledninger, udskiftning af hovedbly og samtlige boligmalere. Vores anbefaling er derfor at etablere et anlæg, der kun tilsluttes fællesinstallationerne.

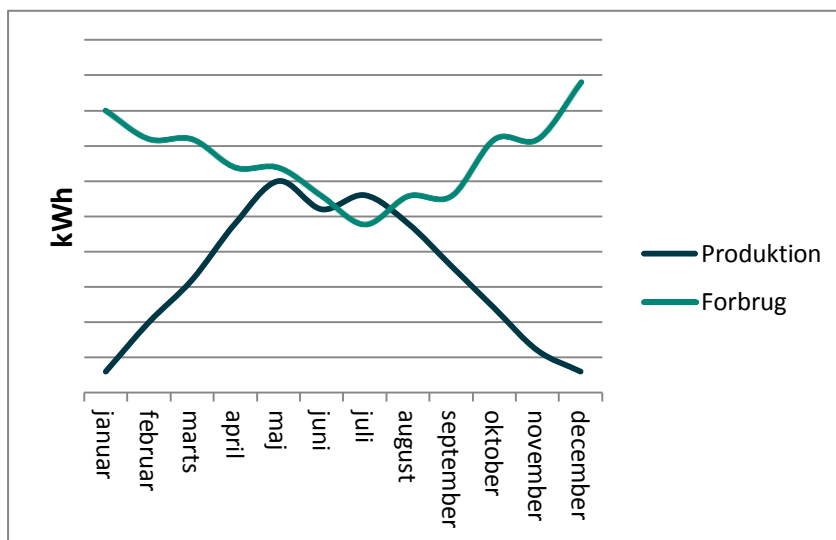
## ELFORBRUG OG DIMENSIONERING

Elforbruget for regnskabsårene 2014/15 og 2015/16 i boligforeningen er blevet klarlagt ud fra udskrifter fra Dong Energy, der er modtaget efter besigtigelsen via bygherre. Da det er oplyst, at der for nylig er udskiftet kælderbelysning til LED lyskilder, er det vurderet, at dette er årsagen til det faldende strømforbrug, der kan ses ret tydeligt. Det vurderes derfor også, at strømforbruget for de kommende år ikke vil falde yderligere. Der er en enkelt måler, der har forbrugt mere i 15/16 end året før, men der har også været koblet byggestrøm til denne jf. oplysninger fra foreningen.

Til gengæld er det oplyst, at der ved næste tørretumblerskift vil blive indkøbt el-forsynede tumblere, og da øvelsen i at dimensionere et solcelleanlæg går ud på at få tilpasset anlægget, så det helst ikke overproducerer alt for meget, så har vi ladet det gennemsnitlige årsforbrug for alle målere i 2014-2016 være dimensionerende for solcelleanlægget.

Det er i denne forbindelse vigtigt at nævne, at hvis foreningen ikke vælger at udskifte tørretumblerne til el-modeller, så kan billedet af rentabiliteten i et af de senere afsnit ændre sig bemærkelsesværdigt; tiden det vil tage at tjene investeringen ind, vil stige.

Se i øvrigt figur 14, der forklarer princippet om, at en typisk produktionskurve for et solcelleanlæg vil krydse effekteftagskurven om sommeren, hvis anlægget overdimensioneres. De i figuren viste værdier for effekteftag i fællesinstallationer er typiske værdier for en boligforening, og er således ikke specifikke værdier for Kongens Vænge.



Figur 14: Et typisk effektforbrug for fællesinstallationer og solcelleproduktion.

Der kan af gode grunde ikke siges noget om, i hvilke timeintervaller, der forbruges hvor meget strøm, men vi har med fornævnte forventede scenarium in mente gjort os følgende forudsætninger for at anslå en fornuftig anlægsstørrelse:

I solskinstimerne, hvor der produceres el, er forbruget time for time jævnt, da vaskeriet er jævnt besøgt, og da varmecentralens forbrug er konstant.

Det oplyste forbrug for alle foreningens fællesmalere kan aflæses af Tabel 1 på næste side.



Målernummer	Placering (kælder)	Forbrug 14/15	Forbrug 15/16	
725877	Stradellasvej 6	3.129 kWh	2.303 kWh	
847967	Stradellasvej 14	13.329 kWh	11.489 kWh	
725908	Stradellasvej 24	2.875 kWh	2.234 kWh	
1011159	Stradellasvej 24	3.312 kWh	1.586 kWh	
511053092	Tartinisvej 24	2.432 kWh	2.386 kWh	
920487	Tartinisvej 24	6.286 kWh	2.150 kWh	
4250806	Tartinisvej 6	62 kWh	3.331 kWh	
706826	Tartinisvej 6	2.172 kWh	1.531 kWh	
648640	Tartinisvej 14	1.408 kWh	1.719 kWh	
511070195	Tartinisvej 14	2.840 kWh	2.046 kWh	
828429	Tartinisvej 14	2.915 kWh	3.143 kWh	
1003222	?	1.178 kWh	1.032 kWh	
719192	Stradellasvej 14	1.760 kWh	911 kWh	
	Total Stradellasvej	24.405 kWh	18.523 kWh	
	Total Tartinisvej	18.115 kWh	16.306 kWh	
	Total "ukendt"	1.178 kWh	1.032 kWh	
	<b>Total</b>	<b>43.698 kWh</b>	<b>35.661 kWh</b>	<b>Gnsn. 39.780 kWh</b>

Tabel 1: Oplyst årsforbrug på bygningens fællesmålere

Da tilslutning skal ske ved én afregningsmåler pr. del-anlæg, og da det ikke giver mening at dele anlægget op i alt for små dele i dette byggeri, har vi tilladt os at beregne den anbefalede anlægsstørrelse ud fra den forudsætning, at boligforeningen som led i en evt. etablering af solcelleanlæg får udført en målersammenlægning, så der bliver færre fællesmålere i byggeriet.

Med et gennemsnitligt årligt forbrug i byggeriet på omkring 40.000 kWh anslås det, at der i perioden, hvor solcelleanlægget producerer bedst (maj-august) er et månedligt fællesforbrug svarende til ca. 75 % af det gennemsnitlige månedsforbrug, fordi forbruget i varmecentralen i de varme måneder er lavere end i de kolde – også jf. figur 14. Dette giver altså en ønsket produktion i en sommermåned på 2.500 kWh – udregnet således:

$$\frac{40.000 \text{ (kWh/år)} \times 0,75}{12 \text{ (mdr./år)}} = 2.500 \text{ kWh}$$

## ANLÆGSSTØRRELSE

Et optimalt (jf. Figur 4) placeret anlæg forventes at producere 145 kWh/m<sup>2</sup>/år. Denne værdi skal jf. samme figur korrigeres med en faktor på omkring 0,81; altså kan man forvente en produktion fra de foreslåede anlæg på omkring 117,5 kWh/m<sup>2</sup>/år.

Opgaven lyder altså på at dimensionere 2 anlæg (ét til hver bygning), der med den rette størrelse, hver især ikke producerer meget over ca. 1.250 kWh i en typisk juli/august måned: Dette gøres ved at regne baglæns ud fra forudsætningen om, at et solcelleanlæg typisk leverer 14 % af sin årsproduktion i en sommermåned som juli eller august, hvor det totale fællesforbrug er vurderet til at ligge omkring 2.500 kWh.

Regnestykket ser derfor således ud:

$$\text{Antal m}^2 = \frac{2.500 \text{ (kWh i juli)}}{117,5 \text{ (kWh/år/m}^2) \times 0,14 \text{ (juli's andel af årsproduktionen)}} = 152 \text{ m}^2$$



Da der jf. tidligere redegørelse er tiltænkt, at der placeres et anlæg på hvert af de to tage, skal der installeres et omfang af celler, der på hvert tag fylder omkring 76 m<sup>2</sup>, hvilket svarer til ca. 46 standardpaneler med mål à 0,99 x 1,65 m.

Anlæggets samlede effektstørrelse vil være 24,2 kWp - udregnet således:

$$\text{Antal kWp} = \frac{152 \text{ (m}^2\text{)} \times 0,26 \text{ (kWp/panel)}}{1,6335 \text{ (m}^2\text{/panel)}} = 24,2 \text{ kWp}$$

Dimensionerne af den anvendelige del af en af de vestvendte tagflader er overslagsmæssigt opgjort til ca. 4 m x 126 m = 504 m<sup>2</sup>. Fra kip til tagkant er der 5,25 meter, men pga. faldstammeudluftninger i den øverste del af tagfladen, har vi trukket den øverste meter fra, da der ikke kan lægges paneler hen over disse. Udlægges man de 46 moduler i "vandrette" baner; altså hvor deres lange side flugter med kip og tagkant, så vil anlægget udgøres af 2 rækker med 23 paneler i hver. 23 paneler svarer ca. til en længde på ca. 38 meter, og anlægget kan forventes at få en produktion i det første driftsår på omkring 17.860 kWh – udregnet således:

$$117,5 \text{ (kWh/m}^2\text{/år)} \times 152 \text{ (m}^2\text{)} = 17.860 \text{ kWh}$$

Man kan dermed forvente, at et anlæg dimensioneret til ikke at overproducere i en sommermåned kan dække ca. 45 % af boligforeningens totale energiforbrug i sit første år i drift. Herefter vil solcelleanlægget langsomt degradere, med en langsomt faldende el-produktion til følge.

Yderligere anlægsdimensionering ligger udenfor rammerne af nærværende skitseprojekt.

## ØKONOMI

Totaløkonomiske beregninger kan foretages på mange måder. Til en opgave som denne, der har karakter af et skitseprojekt, er anvendt en metode, hvor der simpelt regnes på rentabiliteten, og om hvorvidt investeringen tjener sig selv ind indenfor 2/3 af anlæggets forventede levetid, der i øvrigt anslås til 30 år.

Ved at regne på denne måde er der ikke taget højde for anden inflation end i elprisen og udgiften til målerleje, og der indregnes heller ikke renteutvikling, finansieringsformer etc. Dette kan være en fordel, da det alligevel ikke nemt kan forudses, hvordan værdien af nogle af disse parametre vil udvikle sig i fremtiden. Desuden er investeringen ikke voldsom, og derfor er det muligvis slet ikke nødvendigt, at boligforeningen skal optage lån for at foretage investeringen.

Metoden er enkel og hurtig, og man vil derfor umiddelbart kunne sammenligne investeringer uden at tage højde for evt. forskelle i forudsætninger.

Som nævnt i tidligere afsnit, så forventes det, at A/B Kongens Vænge kan opnå tilsagn om årsbaseret nettoafregning (i undergruppe 2). Boligforeningen vil kunne bruge denne ordning ved at tilslutte solcelleanlægget til én fællesmåler pr. blok. Med den pris aftale som foreningen pt. har med DONG Energy (udregnet ud fra fremsendte årsopgørelse) betyder det, at besparelsen pr. produceret kWh er 2,06 kr./kWh (inkl. moms).

Med de nuværende priser for solcelleanlæg forventes en samlet anlægsinvestering for solcelleanlægget på ca. kr. 3.500/m<sup>2</sup> (inkl. moms) ved placering som angivet.

Dette svarer til en total anlægspris på omkring kr. 532.000,- inkl. moms. Anlægsinvesteringen dækker et nøglefærdigt, nettilsluttet solcelleanlæg og er inkl. byggeplads, stillads og uforudsigelige udgifter på 5 %, men er ekskl. evt. rådgiverhonorar og udgifter forbundet med målrammenlægninger.



Det forudsættes i nedenstående kalkulation, at der indgås en serviceaftale med en leverandør med en forventet udgift på 4.000,- kr. inkl. moms (hvert 2. år, da årlig service ikke vurderes nødvendig), og dertil er der kalkuleret med, at inverterne som den eneste anlægsdel skal totaludskiftes efter 12 års levetid (typisk leverandørgaranti er 10 år). Som forventet udgift til inverterudskiftning er der opereret med 5 % af den totale anlægsudgift.

Der regnes i øvrigt med en inflation i el-prisen både for indkøb og målerleje på 1 % p.a.

Der er indlagt en skønnet investering for målersammenlægning og modregent en forventet årlig besparelse, da der ikke længere skal betales afgifter for disse målere. Priserne for begge disse punkter er forbundet med en vis usikkerhed, men trods heraf, vurderes alle de indsatte værdier at være konservative. Ændrer prisudviklingen i f.eks. målerleje hos Dong sig, så ser billedet selvfølgelig lidt anderledes ud, men der kan ret beset ikke gives et mere retvisende billede end det anførte.

I Tabel 2 ses en oversigt over anlægspriser, omkostninger til vedligeholdelse, værdi af elbesparelse og besparelse for udskiftede målere og, som resultat af dette, et overskud i 25 år, hvilket er den maksimale periode, som producenter vil stille en produktionsgaranti for. Typisk angiver produktionsgarantien en degradering af solcelleanlægget svarende til en reduktion af effektivitet til 82 % efter 25 års drift. Erfaring viser, at anlæg producerer lidt bedre end garantien angiver. Igen er udregningen derfor vurderet som konservativ.

Tabel 2: Oversigt over økonomiske nøgletal og simpel tilbagebetalingstid (konventionelt anlæg) – alle tal er inkl. moms

År	Prod. kWh	Elpris pr. kWh	Besparelse på el	Besparelse på målere	Provenu ved salg	Omkostn.	Restsum/ Overskud
1	17.852	kr. 2,06	36.408	7.062	107	0	622.783
2	17.724	kr. 2,08	36.508	7.133	106	4.000	583.036
3	17.595	kr. 2,10	36.605	7.204	106	0	539.122
4	17.467	kr. 2,12	36.701	7.276	105	4.000	499.040
5	17.338	kr. 2,14	36.795	7.349	104	0	454.791
6	17.210	kr. 2,17	36.888	7.422	103	4.000	414.378
7	17.081	kr. 2,19	36.978	7.496	102	0	369.801
8	16.953	kr. 2,21	37.067	7.571	102	4.000	329.060
9	16.824	kr. 2,23	37.154	7.647	101	0	284.158
10	16.696	kr. 2,25	37.239	7.724	100	4.000	243.096
11	16.567	kr. 2,28	37.322	7.801	66	0	197.907
12	16.438	kr. 2,30	37.402	7.879	66	37.318	189.878
13	16.310	kr. 2,32	37.481	7.958	65	0	144.374
14	16.181	kr. 2,34	37.558	8.037	65	4.000	102.715
15	16.053	kr. 2,37	37.632	8.118	64	0	56.901
16	15.924	kr. 2,39	37.704	8.199	64	4.000	14.935
17	15.796	kr. 2,42	37.773	8.281	63	0	-31.182
18	15.667	kr. 2,44	37.841	8.364	63	4.000	-73.449
19	15.539	kr. 2,46	37.906	8.447	62	0	-119.864
20	15.410	kr. 2,49	37.968	8.532	62	4.000	-162.425
21	15.282	kr. 2,51	38.028	8.617	61	0	-209.131
22	15.153	kr. 2,54	38.085	8.703	61	4.000	-251.980
23	15.025	kr. 2,56	38.139	8.790	60	0	-298.970
24	14.896	kr. 2,59	38.191	8.878	60	37.318	-308.781
25	14.639	kr. 2,62	37.908	8.967	59	0	-355.714



Som anlægspris er indlagt en værdi af et anlæg, hvor der ved etableringen er tilkøbt både rådgivning ifm. udbud og byggeledelse samt fagtilsyn til en samlet merudgift på omkring 8 % af førnævnte anlægssum. Den simple tilbagebetalingstid kan under disse forudsætninger i Tabel 2 ses at være 16 år; altså mindre en 2/3 af den forventede levetid.

### ØKONOMI VED ET BYGNINGSINTEGRERET ANLÆG (BIPV)

Skitseprojektet har for en løsning med integration i tagfladen, som den ses af figur 11, ud fra erfaring og bedste skøn anslået, at der vil være en merudgift svarende til en anlægsudgiftsforøgelse på 30 % ved etablering af et bygningsintegreret solcelleanlæg.

Som minimum skal der laves hul i taget og udføres udvekslinger mm., hvilket påvirker flere forhold som f.eks. ombygningsperioden og dermed stilladsleje mm. Udgifter til projektering vil også forøges.

Ved en anlægsudgiftsforøgelse på 30 % stiger tilbagebetalingstiden for det påtænkte anlæg til 20 år som det kan ses af Tabel 3. Dette er lig med 2/3 af den forventede levetid; og anlægget vurderes derfor lige akkurat at være rentabelt indenfor de gængse håndregler for renoveringer. Det skal i den forbindelse understreges, at der her er tale om en forsimplet vurdering.

Tabel 3: Oversigt over økonomiske nøgletal og simpel tilbagebetalingstid (BIPV anlæg) – alle tal er inkl. moms

År	Prod. kWh	Elpris pr. kWh	Besparelse på el	Besparelse på malere	Provenu ved salg	Omkostn.	Restsum/Overskud
1	17.852	kr. 2,06	36.408	7.062	107	0	822.691
2	17.724	kr. 2,08	36.508	7.133	106	4.000	782.944
3	17.595	kr. 2,10	36.605	7.204	106	0	739.030
4	17.467	kr. 2,12	36.701	7.276	105	4.000	698.948
5	17.338	kr. 2,14	36.795	7.349	104	0	654.699
6	17.210	kr. 2,17	36.888	7.422	103	4.000	614.286
7	17.081	kr. 2,19	36.978	7.496	102	0	569.709
8	16.953	kr. 2,21	37.067	7.571	102	4.000	528.968
9	16.824	kr. 2,23	37.154	7.647	101	0	484.066
10	16.696	kr. 2,25	37.239	7.724	100	4.000	443.004
11	16.567	kr. 2,28	37.322	7.801	66	0	397.815
12	16.438	kr. 2,30	37.402	7.879	66	37.318	389.786
13	16.310	kr. 2,32	37.481	7.958	65	0	344.282
14	16.181	kr. 2,34	37.558	8.037	65	4.000	302.623
15	16.053	kr. 2,37	37.632	8.118	64	0	256.809
16	15.924	kr. 2,39	37.704	8.199	64	4.000	214.843
17	15.796	kr. 2,42	37.773	8.281	63	0	168.726
18	15.667	kr. 2,44	37.841	8.364	63	4.000	126.459
19	15.539	kr. 2,46	37.906	8.447	62	0	80.044
20	15.410	kr. 2,49	37.968	8.532	62	4.000	37.483
21	15.282	kr. 2,51	38.028	8.617	61	0	-9.223
22	15.153	kr. 2,54	38.085	8.703	61	4.000	-52.072
23	15.025	kr. 2,56	38.139	8.790	60	0	-99.062
24	14.896	kr. 2,59	38.191	8.878	60	37.318	-108.873
25	14.639	kr. 2,62	37.908	8.967	59	0	-155.806

## KONKLUSION

Ud fra beregningerne i denne rapport anbefales det, at der opføres et solcelleanlæg med tilslutning i A/B Kongens Vænges fællesinstallationer, og at der parallelt med opførelsen af dette anlæg foretages en målersammenlægning.

I det viste scenarie kan det påvises, at der er tale om en sund investering, hvor anlægget tjener sig selv hjem inden 2/3 af dets levetid.

De to dimensionerede anlæg holdes under grænsen for, hvornår man som ejer skal betale PSO-afgift (grænsen er pt. max. 50 kWp/tilslutning), og man kan derfor slippe for at indbygge separate PSO-målere, der udelukkende måler el-produktionen.

Der skal foretages yderligere projektering, herunder en statisk vurdering af tagkonstruktionen, når denne udsættes for den forventede forøgede belastning fra solcelleanlægget.

Der skal derudover ansøges om tilsagn for årsbaseret nettoafregning hos Energinet.dk, og der bør indledes en dialog med Københavns Kommune om eventuelle projektkrav, som kommunen evt. ville kunne stille, når der søges om byggetilladelse. Herunder om der er eventuelle klausuler eller lignende i lokalplaner og lign. for området.

Ovennævnte ydelser vil normalt være dækket ind via en aftale om totalrådgivning til en værdi som angivet tidligere i skitseprojektet. Hvis foreningen skønner, at man kan klare sig uden byggeledelse og fagtilsyn, så kan dette også hjælpe de anskueliggjorte kalkulationer for rentabilitet til at se bedre ud. Det kan imidlertid ikke anbefales at udelade de to tiltag.

Afslutningsvis skal det nævnes, at der kan være andre begrundelser end økonomi for at investere i et solcelleanlæg, f.eks. miljømæssige hensyn og grøn profilering af boligforeningen.

## LITTERATUR OG YDERLIGERE INSPIRATION

- [1] ["Veiledning om solcelleanlæg – sammensætning, montering, tilslutning og rådgivning"](#) (DS-hæfte 39:2013), Dansk Standard 2013.
- [2] ["Arkitektoniske retningslinjer og gode eksempler på solceller"](#), Københavns Kommune, Miljø- og Teknikforvaltningen 2015.

## BILAG

- [A] Beregning af rentabilitet for nettilsluttet anlæg i 2016