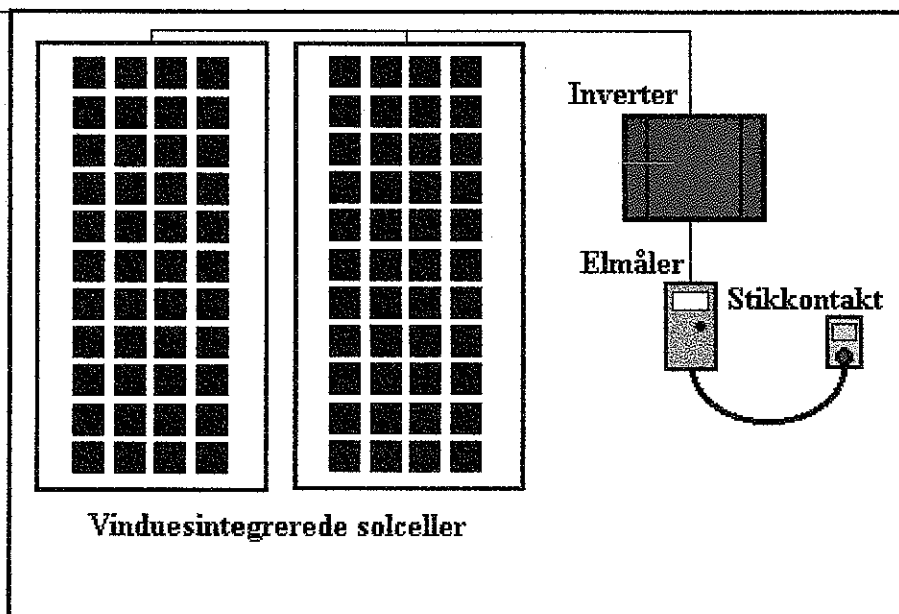


Vinduesintegrerede solceller, et pilotanlæg til SkibstedFjord Kursus og Træningscenter.



af

Lars Yde

April 1998

Projektet er udført med tilskud fra
Energistyrelsens UVE-ordning
J.nr.51181/95-0067

**Vinduesintegrerede solceller,
et pilotanlæg til
SkibstedFjord Kursus og
Træningscenter.**

af

Lars Yde

April 1998

Projektet er udført med tilskud fra
Energistyrelsens UVE-ordning
J.nr.51181/95-0067

**FC-print
April 1998
ISBN: 87-7778-081-7**

Vinduesintegrerede solceller, et pilotanlæg til SkibstedFjord Kursus og Træningscenter.

RESUME	4
INDPASNING AF SOLCELLEANLÆGGET	4
CELLER	5
PERSPEKTIVER.....	5
BAGGRUND	5
PROJEKTETS MÅLGRUPPE.....	6
PLANLAGT RESULTATFORMIDLING	7
PROJEKTETS FORVENTEDE EFFEKT HOS MÅLGRUPPEN M.V.....	7
BYGNINGEN SKIBSTEDFJORD KURSUS OG TRÆNINGSCENTER	7
ARKITEKTONISK INDPASNING AF SOLCELLEANLÆGGET	8
SKYGGER	8
CELLETYPER	8
VINDUESINTEGRERING	9
ELEKTRISK DIMENSIONERING	11
KABLING	12
BYPASS DIODER	13
NETTILSLUTNING	20
ANLÆGSPRISER FØR PROJEKTETS START	20
CELLEPRISER IFØLGE TILBUD	21
ANLÆGSPRIS IFØLGE PROJEKTREGNSKABET	22
ESTIMEREDE FREMTIDIGE ANLÆGSPRISER	23

Resume

Sammen med firmaerne GAIA SOLSR og MIDTGLAS, samt med støtte fra energistyrelsen har Folkecenteret afsluttet opførelsen af det første vinduesintegrerede solcelleanlæg i Danmark, hvor cellerne er integreret i facaden.

Ved vinduesintegrering spares udgifter til de stativer som er nødvendige hvis solcellerne skal placeres på jorden eller på et tag. Glas og rammer kan også spares idet vinduets glas og ramme bruges i stedet. Alt sammen forhold som er med til at reducerer anlægsprisen.

Til gengæld skal vinduesintegrerede socellepaneler specialfremstilles til hver enkelt anlæg, hvilket er med til at forøge prisen.

Den samlede pris for de vinduesintegreredesolceller blev 120 kr. pr. installeret watt, hvor prisen for massefremstillede solcellemoduler ligger på ca. 40 kr. pr. watt inklusiv stativer og montering. Prisforskellen skyldes at anlægget er det første af sin art i Danmark, og derfor behæftet med en hel del udviklingsomkostninger. Men selv om de næste anlæg naturligvis bliver billigere, vil vinduesintegrerede anlæg fortsat være en dyrere end massefremstillede modul løsninger.

Det skal så tilføjes at der er tale om to vidt forskellige anlæg, hvor de vinduesintegrerede og skræddersyede solcelle paneler har nogle arkitektoniske muligheder som standartmodulerne slet ikke har.

Indpasning af solcelleanlægget .

Anlægget er placeret i glasfacaden på Skibsted Fjord Kursus og Træningscenter ved Nordvestjysk Folkecenter. Bygningen er gravet ind i en sydskråning ud mod Skibsted Fjord. Et fantastisk naturskønt område.

Indpasning af solceller i træningscenterets vinduesfacade rummer en grundlæggende konflikt mellem på den ene side behovet for elproduktion og på den anden side ønsket om at bevare den ualmindelige flotte udsigt over Skibsted Fjord ubeskåret.

Der ud over er det vigtigt at solcellerne fremstår som en udsmykning, en ornamentering af facaden, noget som virkelig pynter og bringer liv i det ellers lidt døde udtryk som store glasfacader udstråler.

Det betyder at der ved design af celle mønstrene skal tages hensyn til såvel indvendige som udvendige forhold.

En løsning kunne være at samle cellerne i nogle enkelte helt udfyldte ruder. Det ville være den billigste og mest enkle løsning, og det ville også bevare en god del af udsigten. Men set udefra vil det ikke være nogen god løsning, da det vil bryde facaden op og virke uharmonisk.

Set udefra vil den bedste løsning være et ensartet mønster som repeterede sig selv for hver eller hver anden rude. Et sådant mønster vil desværre fylde så meget i de enkelte ruder at det vil beskære udsigten urimeligt.

Den endelige løsning blev derfor et kompromis mellem de to skitserede løsningsmodeller. Dvs. et ornamentalt mønster suppleret med ruder helt fyldt med celler der hvor det ville generer udsigten mindst muligt.

Celler.

Det var på forhånd givet at hver anlæg skulle være på ca. 1 kW_P, hvilket ville passe til den mindste streng inverter på markedet. Opgaven bestod nu i at matche de arkitektoniske ønsker med de elektriske muligheder.

Det blev en iterativ proces med mange kompromiser. Fra projektets start var der et ønske om at blande runde og firkantede celler samt celler med forskellige farver, f.eks. mono og polykrystallinske. Pga. den nødvendige ledningsføringen i de enkelte ruder måtte den ide opgives. Det ville ikke blive kønt med alle de fortinnede kobberbånd som en sådan løsning ville kræve.

Den endelige løsning til kantinefløjen blev 102,5x102,5 mm semikvadratiske monokrystallinske celler og til kursusfløjen 125x125 mm kvadratiske polykrystallinske celler, fordelt på henholdsvis 12 og 10 vinduer

Begge anlæg blev tilsluttet en 700W inverter af mærket SUNNY BOY.

Perspektiver

Der er ingen tvivl om at arkitekterne vil elske denne nye mulighed for udsmykning af glasfacader, og samtidig producerer vedvarende energi i form af elektricitet. Det ofte alt for kraftige solindfald kan samtidig afskærmes med cellerne. Vi må så håbe at prisen kan komme ned i et leje hvor bygherrerne også finder vinduesintegrerede solceller interessante.

Baggrund

Der er de senere år opført forskellige solcelleanæg med støtte fra Energistyrelsen. Det er bl.a. anlæggene hos:

- 1) VOH i Brædstrup.
- 2) Silkeborg Amtsgymnasium.
- 3) Boligselskab i Kolding.
- 4) Bruntland Centeret i Toftlund.

- ad 1) Er et anlæg monteret på stativ på et fladt tag, hvor udgiften til stativet udgør en væsentlig del af anlæggets samlede pris.
- ad 2) Her er solcellerne monteret på en sydvendt tagflade, hvorved udgiften til stativet spares.
- ad 3) Et facadeintegreret anlæg, hvor solcellemodulerne erstatter en anden form for facadebeklædning/udsmykning. Prisen på den erstattede beklædning kan direkte

godskrives anlæggets investeringsbudget. Solcellemodulerne har således to funktioner: elproduktion og facadeudsmykning.

ad 4) Solcellerne er her integreret i ovenlysvinduer, hvor de har tre funktioner udover funktionen som tag. Dels elproduktion, dels solafskærmning og dels arkitektonisk udsmykning/lyseffekt.

Det må forventes at den bedste økonomi opnås, når flest mulige funktioner kan integreres i solcellepanelerne.

Det er imidlertid ikke alle huse, der har en facade, som behøver en udsmykning eller et ovenlystag. Men alle huse har vinduer. Og det ser ud, som om tidens arkitektoniske trend går i retning af større og større glaspartier i facaderne.

Det er dette projekts formål at starte en dansk udvikling ved at indhente praktiske erfaringer med vinduesintegrerede solceller.

Vinduesintegrerede solceller har en række fordele:

- 1) Ved at cellerne integreres i en eksisterende bygningsdel, spares stativer, rammer og glas.
- 2) Ved hensigtsmæssig placering af cellerne i ruden kan de også fungere som solafskærmning og derved spare en sådan.
- 3) Cellerne kan udnyttes som udsmykning af glasfacader, hvad der kan være god brug for, da store glasfacader let kommer til at virke kolde og døde.

Der er imidlertid nogle ulemper:

- 1) Den lodrette placering er ikke optimal m.h.t. udnyttelsen af solstrålingen (26% mindre end den optimale vinkel på 42°).
- 2) I etplanshuse vil cellerne nødvendigvis blive placeret lavt over jordniveau, hvilket øger sandsynligheden for, at cellerne udsættes for skyggegivere (træer, buske, andre bygninger).

Disse ulemper kan der delvis kompenseres for ved hjælp af reflekterende flader foran cellerne f.eks. hvid flisebelægning og markiser.

Det skal understreges, at der før dette projekt ikke fandtes facade vinduesintegrerede solcelleanlæg i Danmark. Dette er således det første af sin art her i landet.

Projektets målgruppe

Den primære målgruppe er private husejere, bygherrer samt projekterende ingeniører og arkitekter.

Desuden modtager Nordvestjysk Folkecenter årligt i størrelsesordenen 5.000 besøgende.

Kursuscenteret bliver indrettet således, at fremvisningen af solcelleanlæggene såvel udefra som indefra kan ske, uden at forstyrre undervisningen.

Planlagt resultatformidling

Projektets resultater formidles bl.a. i form af denne rapport. Anlæggene vil blive anvendt i forbindelse med kurser om solcelleteknik og solarkitektur samt ved fremvisning til de ca. 5.000 fagligt interesserede gæster, som hvert år besøger Nordvestjysk Folkecenter / SkibstedFjord Kursus- & Træningscenter. Derved formidles de indhøstede generelle erfaringer så de kan anvendes indenfor andre former for vinduesintegreret solcelleteknik i Danmark.

Projektets forventede effekt hos målgruppen m.v.

Skibsted Fjord Kursus- & Træningscenter vil gennemføre kurser indenfor en bred vifte af VE-emner. Det vil sige: Vindkraft, biomasse, aktiv- og passiv solvarme, grøn spildevandsrensning, akvakultur, landøkologi, byøkologi og solcelleteknik.

Det betyder, at udover de kursister (bl.a. bygherrer, projekterende ingeniører og arkitekter), som direkte anvender anlæggene i deres kursusforløb, er der mange andre, som indirekte vil blive oplyst om solcelleteknikken, fordi cellerne er integreret i de vinduer, som de kigger ud af.

Bygningen SkibstedFjord kursus og Træningscenter.

Ved Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi findes det nyopførte "Skibsted Fjord Kursus- & Træningscenter". Et byggeri på ca. 700 etage m² i et plan bygget ind i en sydvendt skrænt ud mod Skibsted Fjord (en del af Limfjorden).

Husets facade mod syd består af et 75 meter langt glasbånd delt op i felter med forskellig orientering. To af felterne er særlig velegnet for integration af solceller. Felterne er hver på 30 m² og orienteret henholdsvis 10° og 30° fra syd. Der er således mulighed for at arbejde med forskellige design på vinduesintegrerede solceller. F.eks. mono- og polykrystallinske celler, samt celler i forskellige størrelser. Cellerne skal kun delvis udfylde de enkelte vinduer, således at hvert felt på ca. 1 kW viser forskellige arkitektoniske løsninger på et vinduesintegreret solcelleanlæg.

Strømmen anvendes direkte til belysning i kursuscenteret. Eventuel overskud sendes ud på nettet. Hvert solcelleanlæg tilsluttes en "Sunny Boy" inverter på 700 W. Inverteren forbindes med en lille digital Ladis & Gyr elmåler, og forbindes via en stikkontakt til det offentlige elnet. Herved demonstreres den mest enkle ertilslutning, så enhver kan forstå det og selv gøre det efter.

En forenklet ydelsesberegning giver en årlig ydelse for de to anlæg tilsammen på ca. 2000 kWh.

Der er anvendt danske et dansk solcellefirma og en dansk termorudfabrikant til integreringsteknikken, da det netop er projektets formål at starte en dansk udvikling indenfor området vinduesintegrerede solceller.

Arkitektonisk indpasning af solcelleanlægget .

Indpasning af solceller i træningscenterets vinduesfacade rummer en grundlæggende konflikt mellem på den ene side behovet for elproduktion og på den anden side ønsket om at bevare den ualmindelige flotte udsigt over Skibsted Fjord ubeskåret.

Der ud over er det vigtigt at solcellerne fremstår som en udsmykning, en ornamentering af facaden, noget som virkelig pynter og bringer liv i det ellers lidt døde udtryk som store glasfacader udstråler.

Det betyder at der ved design af celle mønstrene skal tages hensyn til såvel indvendige som udvendige forhold.

En løsning kunne være at samle cellerne i nogle enkelte helt udfyldte ruder. Det ville være den billigste og mest enkle løsning, og det ville også bevare en god del af udsigten. Set udefra vil det ikke være nogen god løsning, da det vil bryde facaden op og virke uharmonisk.

Set udefra vil den bedste løsning være et ensartet mønster som repeterede sig selv for hver eller hver anden rude. Et sådant mønster vil desværre fylde så meget i de enkelte ruder at det vil beskære udsigten urimeligt.

Den endelige løsning blev derfor et kompromis mellem de to skitserede løsningsmodeller. Dvs. et ornamentalt mønster suppleret med ruder helt fyldt med celler der hvor det ville generer udsigten mindst muligt.

Skygger.

Skygger er et forhold som ikke må under vurderes. Her tænkes ikke kun på skygger fra træer og andre bygninger, men især på skygger fra bygningen selv.

Der er skygger fra udhæng over dørparti og støttemuren ved husets østgavl. Skygger der til at få øje på. Der ud over er der mindre skygger som man let kan overse. Det er skygger fra sprosser, glaslister og vandnæsen over ruderne.

De store skygger betyder at der er vindues felter som er ubrugelig for solcelleintegrering. De små skygge betyder at der er områder på alle ruderne som må friholdes for celler. Derfor er der en margen på højre og venstre side samt i toppen af ruderne uden celler, hvilket alt i alt begrænser det anvendelige areal ganske betydeligt.

Celletyper.

Ved projektets start blev der taget kontakt til tre celleleverandører. Det var AEG, SOLAREX og SOL-EL.

De blev forespurgt om de var istand til at leverer celler sammenloddet i til bånd af 10 celler eller mere. SOLAREX kunne kun leverer celler med på-loddede ledninger, såkaldt tappede celler, medens AEG og SOL-EL var leveringsdygtige i cellebånd.

Ud fra priser og projektets overordnede formål om at igangsætte en dansk udvikling af vinduesintegrerede solsellesystemer, blev det besluttet at anvende SOL-EL celler. Efter mange elektriske beregninger og arkitektoniske overvejelser bla. ved montering af solcelleattrapper på en glasfacade blev cellemonsteret fastlagt med runde SOL-EL celler. Umiddelbart efter at denne øvelse var afslutter lukkede SOL-EL, så vi kunne begynde forfra.

De tidligere SOL-EL folk dannede firmaet GAIA SOLAR. Firmaet ville ikke producerer celler men kun moduler og systemer baseret på indkøbte celler. SOL-EL cellerne udmærkede sig ved at være bifacielle. Dvs. de udnyttede lyset på begge sider af cellen. Effektmæssigt havde det antageligt ingen betydning i et vinduesintegreret anlæg, men arkitektonisk var der den store fordel at bagsiden var magen til forsiden i modsætning til monofacielle celler, som har en lidt trist sølvgrå bagside, evt. i form af et kvadratisk mønster.

De to anlæg, et til kantinefløjen og et til kursusfløjen, blev nu redesignet med firkantede celler. Det ene anlæg med monokrystallinske og det andet med pollykrystallinske celler.

Herefter blev firmaerne SOLAR NODR og GAIA SOLAR bedt om at give tilbud. GAIA SOLAR var lidt dyrere end SOLAR NORD, men på trods af det blev det besluttet at arbejde videre med GAIA SOLAR.

På dette tidspunkt var der underskud af celler på markedet idet cellefabrikanterne selv var istand til at aftage hele deres egen produktion til brug for deres egen modulproduktion. Kun EUROSOLAR i Italien var leveringsdygtig, men med leveringstider på 4 til 6 uger.

Til alt held havde GAIA SOLAR mono- og pollykrystallinske celler på lager i et antal og en type som kunne bruges.

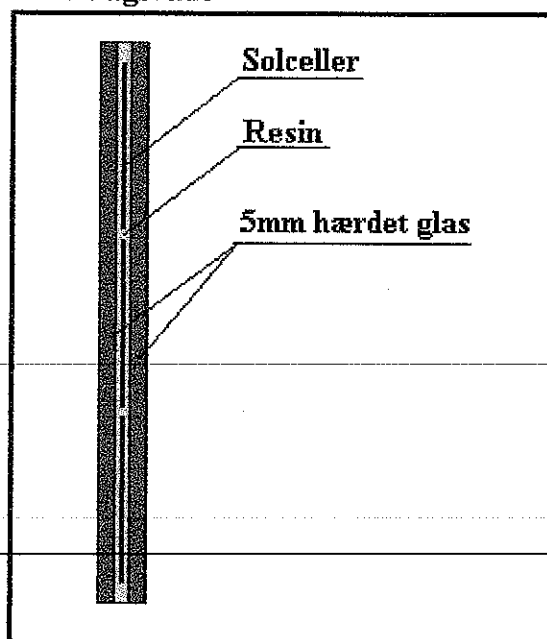
Det var 102,5 x 102,5 mm semi kvadratiske monokrystallinske med kvadratisk mønster på bagsiden med en effektivitet på 14,00 til 14,75% og 125,0x125,0 mm kvadratiske polykrystallinske celler uden mønster på bagsiden med en effektivitet på 12,00 til 12,49.

Vinduesintegrering

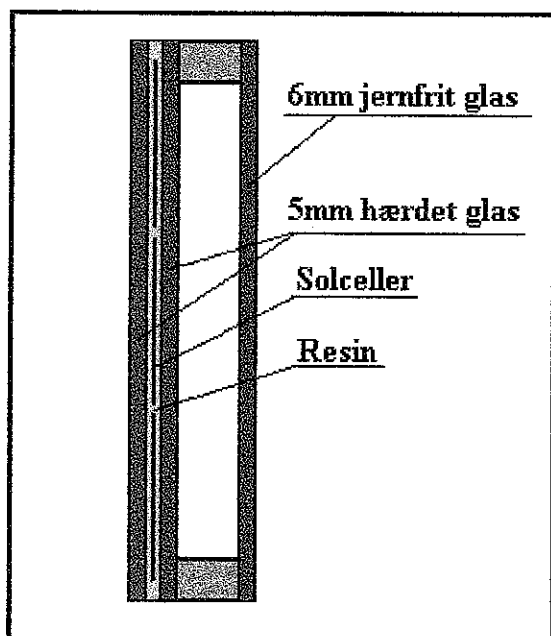
Vinduesintegrering af solceller opnås ved at indstøbe cellerne i en transparent resin mellem to stykker 5mm hærdet glas.

Teknikken er kendt fra fremstilling af sikkerhedsglas af høj kvalitet, blot med den forskel at der her klæbes solceller til det ene glas før mellemrummet mellem de to glas fyldes med resin. Se efterfølgende tegninger

Enkeltlagsrude



Termorude



Ved traditionel modulproduktion fremstilles en sandwich bestående af et stykke 4mm glas et lag EVA-plastfolie, solcellerne og endnu et lag EVA. Det hele bages under vakuum hvorved EVA'en smelter og derved indstøbes cellerne og fastgøres til glasset. Da processen skal foregå under vakuum er der grænser for hvor store moduler der kan fremstilles. Det vil i praksis sige ca. 1,3 x 1,6 m.

Hvis man kan nøjes med ruder af denne størrelse eller mindre, er lamineringsteknikken absolut den billigste løsning. De laminerede paneler kan så efterfølgende bygges sammen med et andet stykke glas til en termorude.

Elektrisk dimensionering .

Det var på forhånd givet at hver anlæg skulle være på ca. 1 kW_P, hvilket ville passe til den mindste streng inverter på markedet. Opgaven bestod nu i at matche de arkitektoniske ønsker med de elektriske muligheder.

Det blev en iterativ proces med mange kompromiser. Fra projektets start var der et ønske om at blande runde og firkantede celler samt celler med forskellige farver, f.eks. mono og polykrystallinske . Pga. den nødvendige ledningsføringen i de enkelte ruder måtte den ide opgives. Det ville ikke blive kønt med alle de fortinnede kobberbånd som en sådan løsning ville kræve.

Den endelige løsning blev et anlæg til kantinefløjen bestående af 102x102 mm semikvadratiske monokrystallinske celler og til kursusfløjen 125x125 mm polykrystallinske celler.

Begge anlæg blev tilsluttet en 700W inverter af mærket SUNNY BOY. Denne inverter har en DC indgangsspænding på 125 - 250 V.

Den højeste spænding vil opstå en frostklad vinterdag med stærk sol. En sådan dag vil indstrålingen være vinkelret på cellerne og pga. den lave temperatur er ydelsen maksimal.

Kantineanlægget består af 692 celler som hver giver en spænding på 0,664 V ved -10 C°. Hvis alle cellerne blev forbundet i serie ville det give en spænding på 459,4 V. Altså mere end inverteren kan klarer. Det er derfor nødvendigt at dele anlægget op i to parallelle kredse med hver den halve spænding. Dvs. 229,7 V som er mindre end de 250 V inverteren maksimalt kan klarer.

Ved normal drift (20 C°) giver cellerne 0,485 V pr. stk. og 346 stk. (692 : 2) forbundet i serie vil således give 167,8 V. Det er mere end de minimum 125 V som inverteren kræver, så der er en fin matching mellem celler og inverter.

De 692 celler har en nominal ydelse på mellem 1,47 og 1,55 W_P pr. stk., ved en indstråling på 1kW pr. m² og en temperatur på 20 C°. Det giver således en samlet effekt på et sted mellem 1017 og 1073 W_P, hvilket kan synes lidt rigeligt for en inverter på 700 W; men det er ikke tilfældet. Det skyldes at anlægget forholdsvis sjældent vil yde maksimalt; samt at der opnås en bedre systemeffektivitet ved at vælge en mindre inverter. En 700 W inverter vil således arbejde med en bedre effektivitet ved en solcelleydelse på f.eks. 100 W end en inverter på 1000W vil.

Anlægget på kursusfløjen består af 572 stk. 125x125 mm polykrystallinske celler hver med en effekt på mellem 1,88 og 1,95 W_P. Det giver en samlet effekt på et sted mellem 1075 og 1115 W_P.

Hver celle har en tomgangsspænding på 0,665 V ved -10 °C. Hvis de 572 celler deles op i to parallelle strenge medfører det en maksimal spænding på 190,2 V, hvilket er mindre end de 250 V som er der maksimale tilladelige spænding på inverterens DC indgang.

Under normale driftforhold giver cellerne 0,475 V svarende til 135,9 V for 286 stk. i serie (572 : 2), hvilket er mere end inverterens minimumskrav på 125 V.

Det kan herefter konkluderes at der er en fin matching mellem solcellefelterne og inverterne.

Ovenstående kan sammenfattes i nedenstående skema.

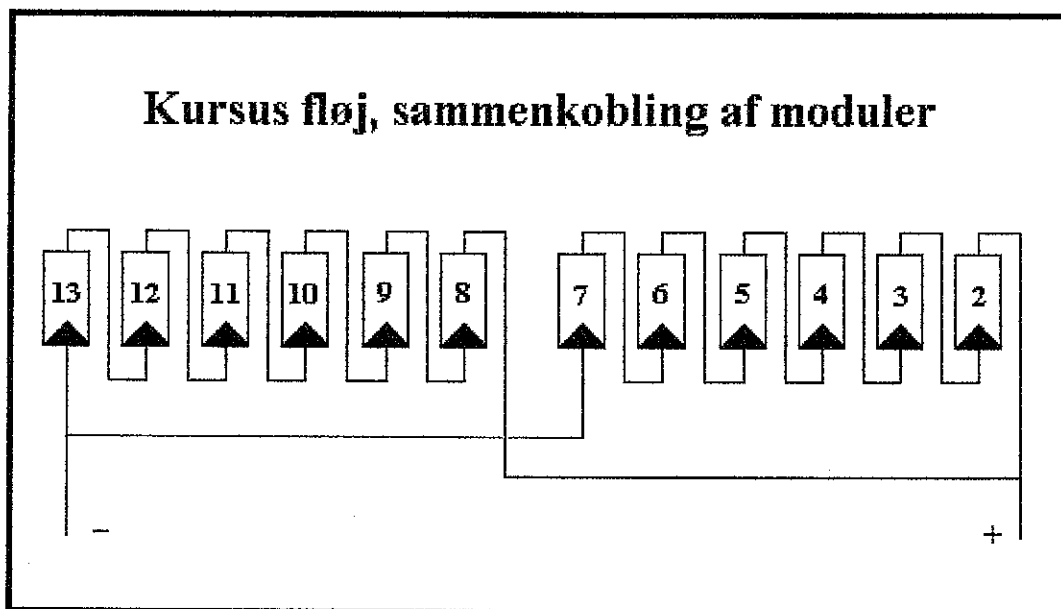
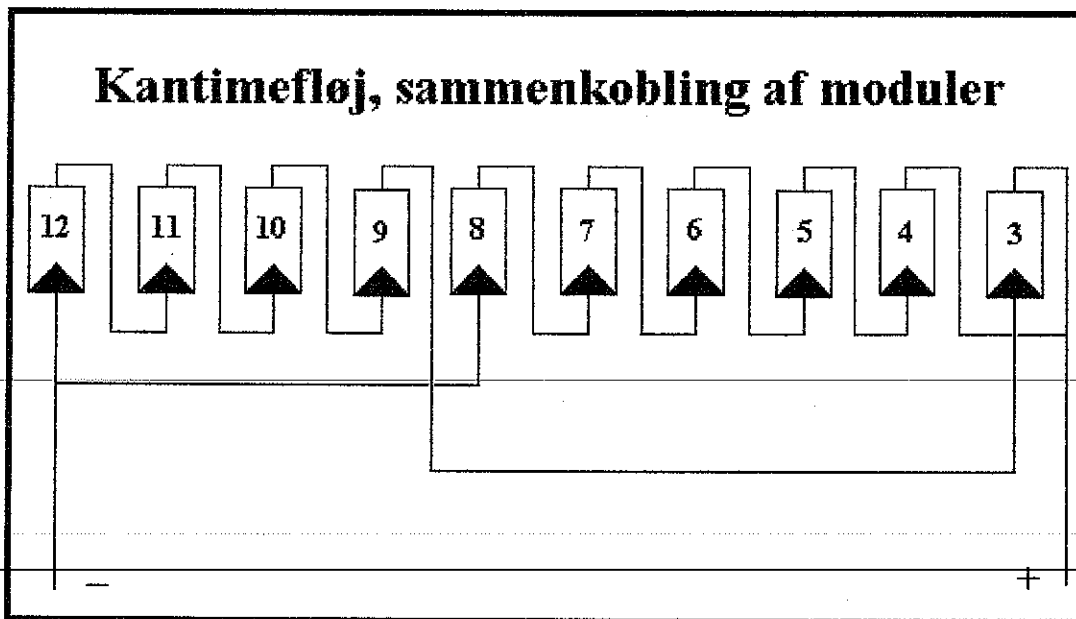
Solcelleanlæggene		
SkibstedFjord Kursus og Træningscenter		
	Kantinefløj	Kursusfløj
Celle type	Monokrystallinske	Polykrystallinske
Celledimensioner	102,5 x 102,5	125,0 x 125,0
Celleeffekt	1,47 - 1,55 W _p	1,88 - 1,95 W _p
Effektivitet (gennemsnit)	14,4 %	12,3 %
Antal celler	692	572
Samlet effekt	1045 W	1095 W
Tomgangsspænding ved - 10 °C	229,7 V	190,2 V
Belastet spænding ved 20 °C	167,8 V	135,9 V
Inverter indgangsspænding	125 - 250 V	125 - 250 V
Inverter nominel effekt	700 W	700 W
Effektforhold mellem inverter og solcellefelt	0,67	0,64
Beregnet årsproduktion	1012 kWh	1087 kWh

Kabling.

Kablingen starter ved de enkelte celler, som via fortinnede kobberbånd forbindes i serie i de enkelte ruder for derved at opbygge den spænding som inverteren kræver, som er på 125 til 250V DC.

Hver celle giver en spænding på ca. ½ Volt, så der skal serieforbindes mellem 250 og 500 celler. Ruderne indeholder fra 38 til 114 celler. Derfor er det nødvendigt at serieforbinde flere ruder for at komme op på et sted imellem 125 og 250 Volt

Da de to anlæg består af henholdsvis 692 og 572 celler, er det nødvendigt at dele dem op i to parallelt forbundne strenge som vist på nedenstående tegning.



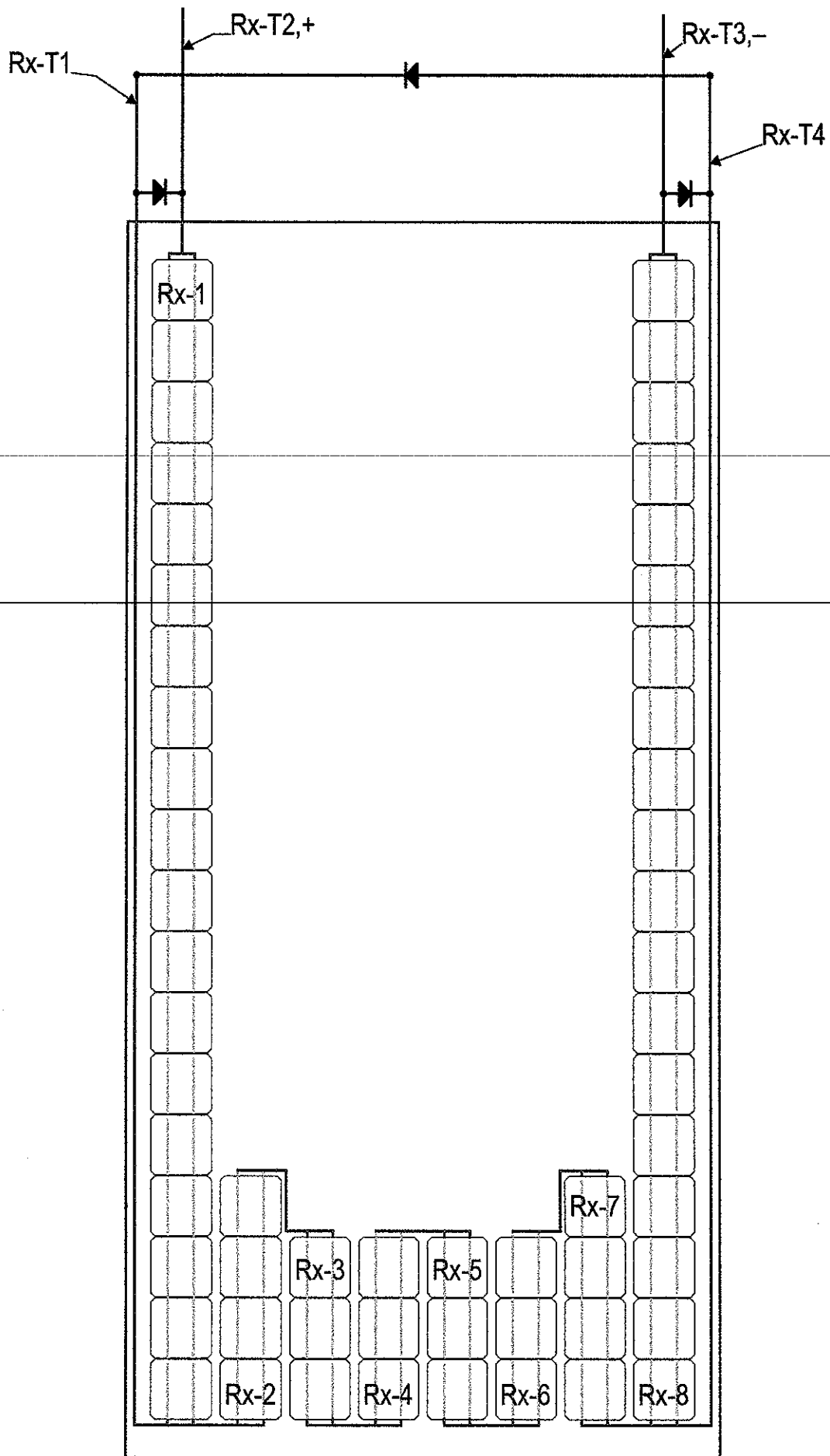
Bypass dioder

Hvis en eller flere celler bliver udsat for skygge vil de ikke producere energi. De vil tvært imod begynde at forbruge den energi som de ikke skyggede celler i den samme streng producerer.

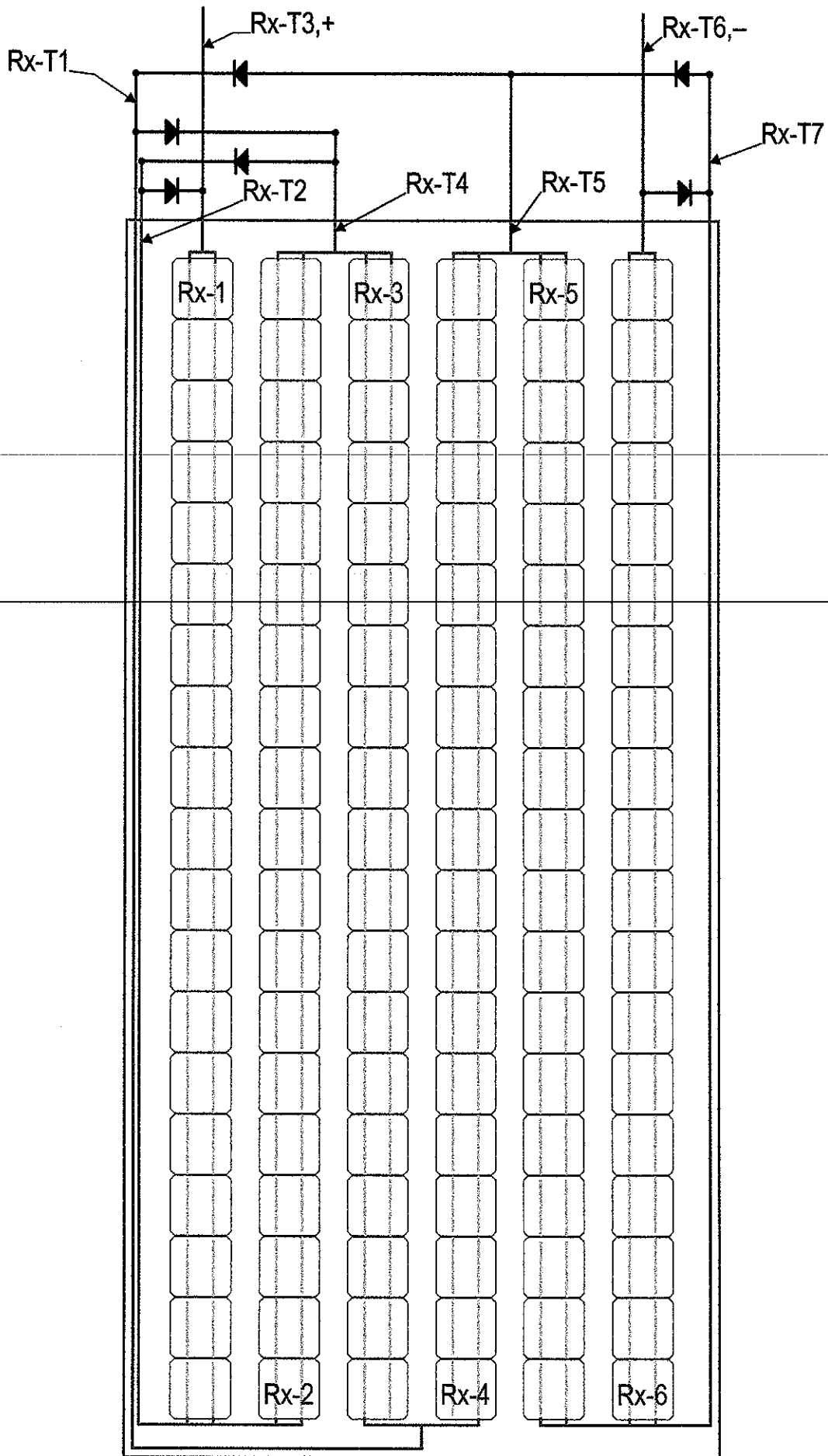
Da vi har henholdsvis $\frac{1}{2} \times 692$ (346) og $\frac{1}{2} \times 572$ (286) celler i hver streng vil det i værste tilfælde betyde at den energi som 345 ikke skyggede celler kunne producerer ville blive afsat i en skygget celle, hvilket omgående ville brænde den af.

Løsningen på dette problem hedder bypass dioder. Bypass dioder indskydes for at lede strømmen udenom evt. skyggede celler. Ud fra erfaringer skal der være en bypass diode for hver 20. celle. Dvs. at energien fra 19 ikke skyggede celler ikke er istand til at ødelægge 1 skygget celle.

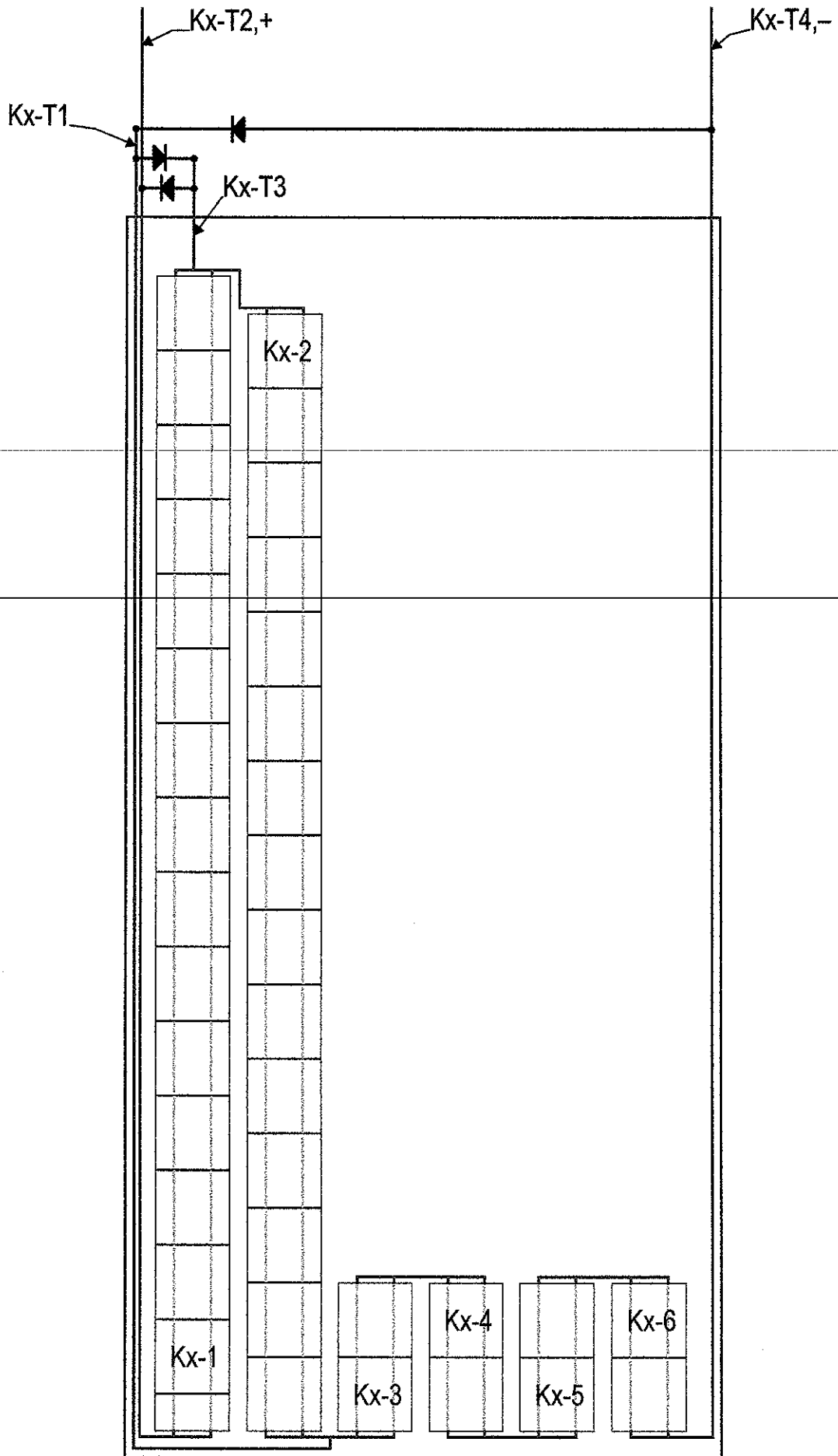
Solcellepanelerne er opbygget af strenge på op til 19 celler. Det har derfor været nødvendigt at monterer dioder for hver af de gennemgående strenge i det enkelte panel som vist på de efterfølgende tegninger.



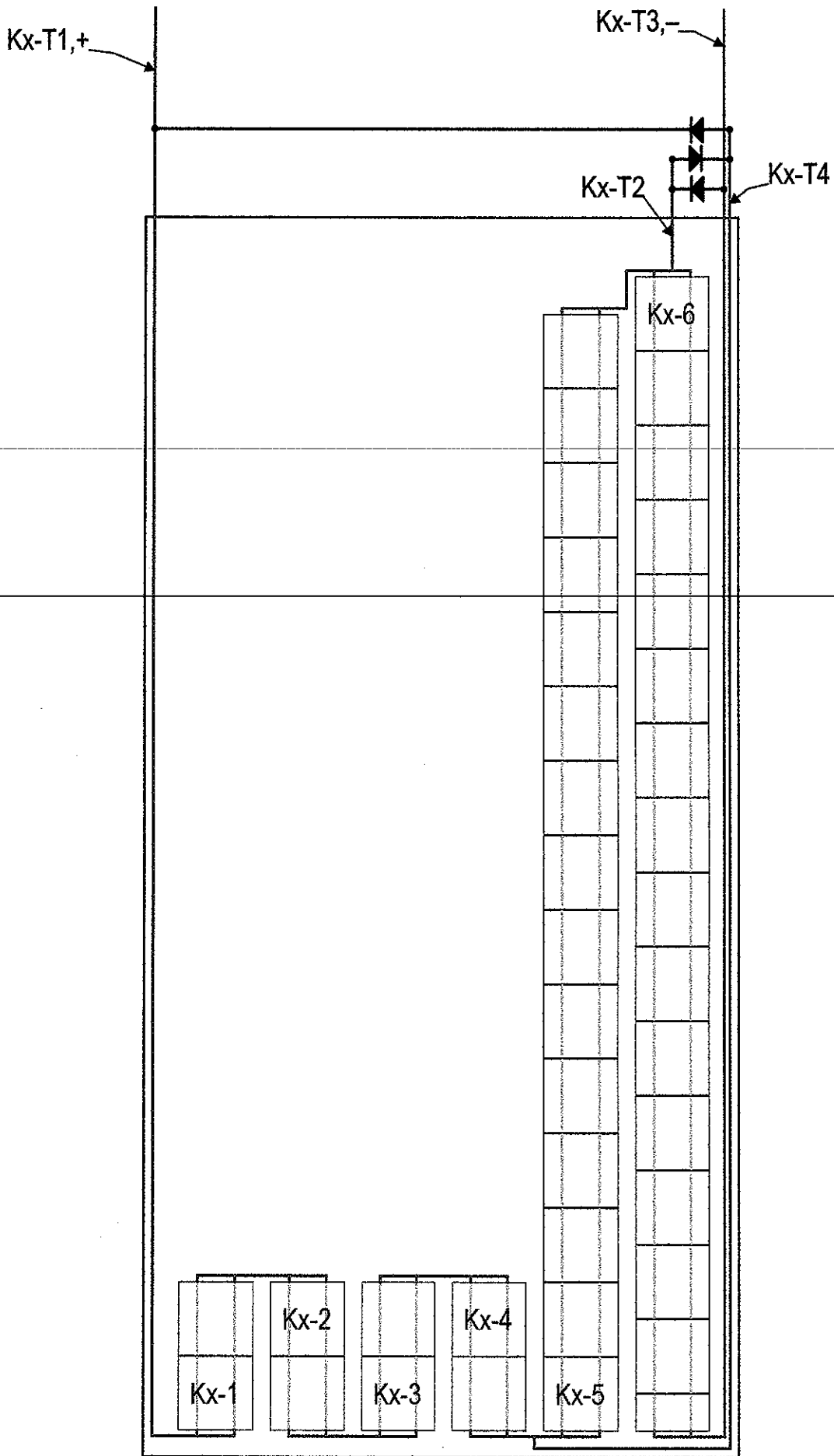
Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi		Sags nr.: 451097027
Emne: Restaurantfløjen		Tegn. nr.: R5-12
Dato: 21/11 1997	Ref.: PDL	Mål: 1:10



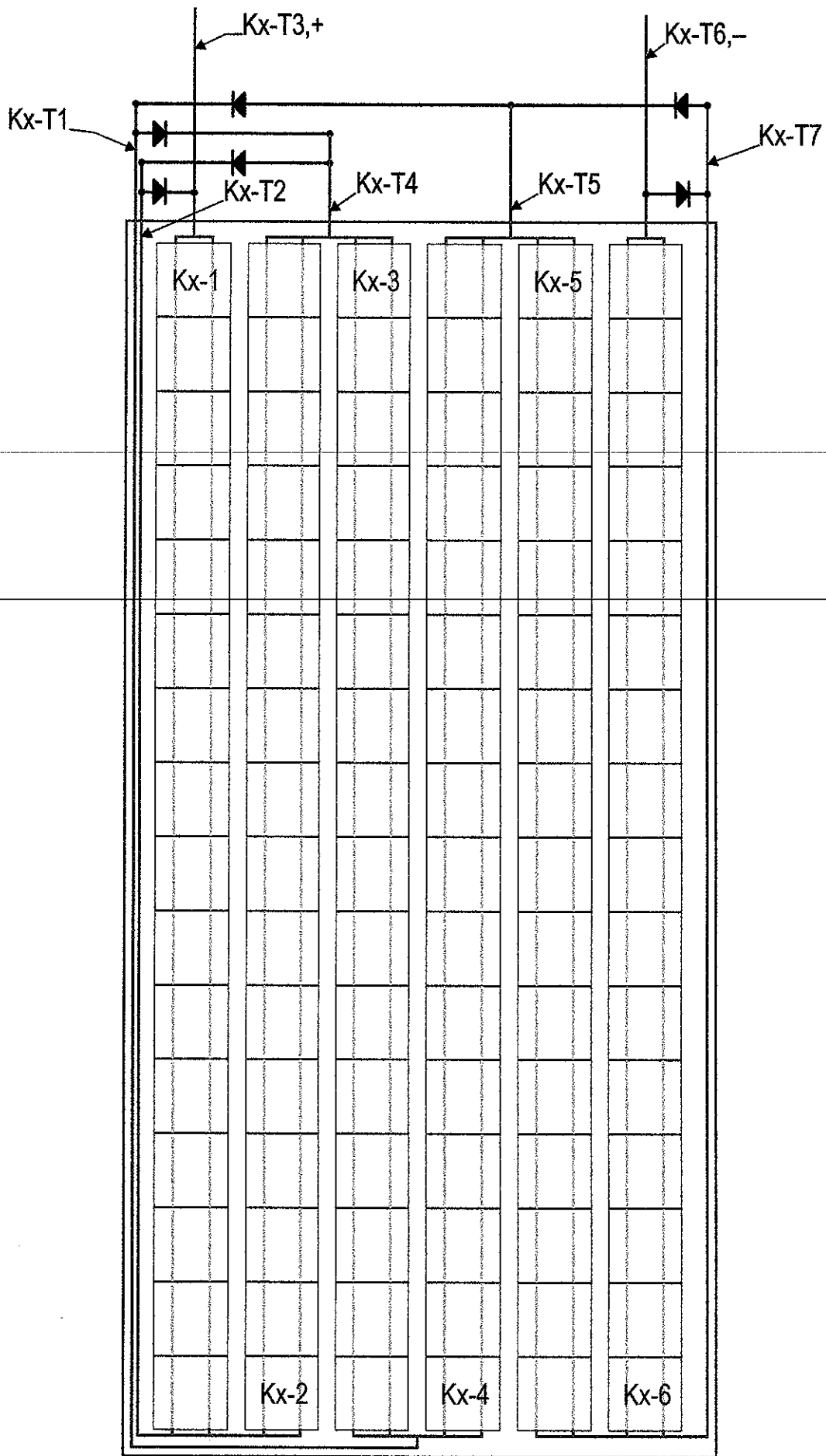
Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi		Sags nr.: 451097027
Emne: Restaurantfløjen		Tegn. nr.: R3+4
Dato: 21/11 1997	Ref.: PDL	Mål: 1:10



Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi		Sags nr.: 451097027
Emne: Konferencefløj		Tegn. nr.: K4+6+8+10+12
Dato: 21/11 1997	Ref.: PDL	Mål: 1:10



Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi		Sags nr.: 451097027
Emne: Konferenceløjen		Tegn. nr.: K3+5+7+9+11
Dato: 21/11 1997	Ref.: PDL	Mål: 1:10



Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi		Sags nr.: 451097027
Emne: Konferencefløj		Tegn. nr.: K2+13
Dato: 21/11 1997	Ref.: PDL	Mål: 1:10

Nettilslutning.

Nettilslutningen er for disse to anlæg specielt enkel fordi Folkecenteret i forvejen havde to vindmøller i egen installation. Det betyder at der allerede var en salgs måler som vil registrerer evt. salg af elektricitet til nettet, hvilket var påkrævet da anlæggene blev projekteret.

Med de nye regler for afregning, hvor det tillades at måleren kan løbe baglæns, det vil sige at strøm købes og sælges til samme pris, er en salgsmåler ikke længere nødvendig.

Det betyder at den producerede elektricitet fra solcellerne kan sendes direkte ind i en stikkontakt. Den skal dog først omformes fra jævnstrøm til vekselstrøm.

På kablet fra omformeren, umiddelbart før stikkontakten er der indskudt en digital elmåler, som kan registrerer såvel anlæggenes øjeblikkelige ydelse som den samlede producerede energi.

I omformeren foregår der en mere detaljeret dataopsamling. Her gemmes data for strøm, spænding, frekvens, effekt og energi. Via et specielt netmodem kan disse data transmitteres via husets elnet til en PC. Her kan de indsamlede data præsenteres grafisk i et Windows baseret program.

Anlægspriser før projektets start.

Før udarbejdelsen af budgettet til brug for ansøgningen blev der forespurgt på priser hos det Tyske FLAGSOL via PILKINTON i København. FLAGSOL er et datterselskab af PILKINTON.

FLAGSOL oplyste en overslagspris på:

5400 kr/m² for OPTISOL facade med 110 W/m² solceller integreret
og
3960 kr/m² for OPTISOL facade med 55 W/m² solceller integreret

Forskellen på de to anlæg er 55 W solceller, så ved at subtrahere de to anlægspriser fås prisen på 55 W solceller, hvilket giver 1440 kr.

Hvis OPTISOL facaden opdeles i en glas leverance og en celleleverance er det nu muligt at prissætte dem individuelt, idet glasleverancen kan prissættes som forskellen mellem 3960 kr/m² for glas og celler, og 1440 kr for cellerne. Det giver 2520 kr/m².

Ud fra ovennævnte priser kan prisen på et 1 x 2 m vindue med 100 W solceller beregnes som følger.

2m ² lamineret glas á 2520.....	5040 kr
100W solceller á (1440 / 55= 26).....	<u>2600 kr</u>
I alt	7640 kr

Et anlæg på 1 kW og 20 m² fordelt på 10 vinduer ville således koste ca. 76.400 kr eksklusiv nettilslutning, inverter, kabling, montering af vinduerne og udviklingsomkostninger, svarrende til 76,40 kr / W.

Det fremgår ikke af prisoverslaget om det gælder for en termorudekonstruktion eller om det blot er for to lag glas med celler indstøbt i mellemrummet.

Cellepriser ifølge tilbud.

Efter projektet var igangsat og designet af cellemønstrene var fastlagt blev SOLAR NORD fra Nord Tyskland og GAIA SOLAR bedt om at give tilbud på celleleverancen og MIDTGLAS gav et overslag på glasleverangen.

Da projektets formål er at igangsætte en egentlig dansk udvikling blev FLAGSOL ikke spurgt.

De to firmaer afgav tilbud på 778 stk. EUROSOLAR momokrystallinske celler, sammenlodning af cellerne til bæltter, transport til MIDTGLAS i Herning og oplægning af cellerne på glas samme sted.

SOLAR NORD pris lød på 40,67 kr / W og
GAIA SOLAR's pris lød på 45,15 kr / W.

Under hensyn til projektets formål om at igangsætte en dansk udvikling blev der arbejdet videre med GAIASOLAR.

MIDTGLAS' prisoverslag på glasarbejdet for ruder på 1x2m lød på 5565 kr for en glas konstruktion, og på 6615 kr for en termorudeløsning.

Hvis der regnes med 100 W solceller pr. rude giver det en Watt-pris for glasarbejdet på 55,65 henholdsvis 66,15 kr.

Dvs. en samlet pris på:

Solcelleleverance glas glas	45,15 kr / W
Glasleverance.....	<u>55,65 kr / W</u>
I alt.....	100,80 kr/ W

Til sammenligning var prisoverslaget fra FLAGSOL på 76,40 kr.

Prisforskellen i forhold til FLAGSOL skyldes sikkert at hos FLAGSOL foregår hele produktionen i en og samme fabrik, i modsætning til GAIA / MIDTGLAS, som har produktionen fordelt på to fabrikker med transport af celler fra Herlev til Herning og andre besværligheder til følge.

Anlægspris ifølge projektregnskabet.

Efter mange forhandlinger mellem Folkecenteret, GAIA SOLAR og MIDTGLAS, lykkedes det endelig at finde en organisationsmodel som alle kunne acceptere.

Det svære spørgsmål var hvem der skulle stå som leverandør og hvem der skulle være underleverandør, idet FC af garantismæssig årsager kun ville handle med et firma. Det var også vigtigt at de to firmaer fra starten fandt den rigtige samarbejdeform, til brug for kommende projekter. Denne proces blev ikke nemmere af at SOLEL under vejs gik ned for senere at genopstå under det nye navn GAIA SOLAR.

Ud over de organisatoriske forhold var der en del produktionstekniske forhold som skulle som skulle afklares.

Det et var klart at GAIA SOLAR skulle stå for den elektriske side af leverancen og MIDTGLAS for glasdelen; men hvem skulle lægge cellerne op på glasset og hvor skulle det foregå? Skulle man sende glassene fra MIDTGLAS i Herning til GAIA SOLAR i Herlev for der at blive monteret med solceller og så tilbage til Herning for at blive resineret (fyldt med transperant støbemasse)? Eller skulle man lodde cellerne sammen til lange bæltter hos GAIA SOLAR transporterer dem til MIDTGLAS for så der at lægge dem op på glasset og sammenlodde de forskellige bæltter til et færdigt modul. Og hvem skulle i givet fald foretage dette afsluttende loddearbejde.

Resultatet af forhandlingerne blev at GAIA SOLAR kom til at stå som leverandør og MIDTGLAS som underleverandør. Solcellerne blev sammenloddet til bæltter hos GAIA SOLAR og sendt til MIDTGLAS som så lagde dem op på ruderne og foretog den endelige sammenlodning af bæltterne til de færdige moduler inden fyldningen af ruderne.

Til brug for kvalitetskontrollen, blev der fremstillet to ens lyskasser. Den ene blev opstillet hos GAIA SOLAR og den anden hos MIDTGLAS. Efter sammenlodningen af solcellerne til bæltter blev de belyst og udgangsspændingerne registreret. Ved modtagelsen checkede MIDTGLAS bæltterne igen for derved at afsløre evt. transportkader.

For at afprøve og udvikle produktionsteknikken blev der fremstillet forskellige modeller og prototyper.

Hele processen har været temmelig resursekrævende for de to firmaer, hvilket førte til en tilbudspris på den samlede leverance som lå langt over summen af GAIA SOLAR's tilbud på solcelleleverancen og MIDTGLAS' prisoverslag på glasleverancen.

Det endelige tilbud lød på 321.100 kr. svarende til 150 kr/W. Da det var mere end projektet kunne bære lykkedes det at forhandle prisen ned til 287.100 kr. svarende til 134,16 kr/W.

Med i leverancen var montering af ruderne til en værdi af 10.000 kr. og 5 ruder uden celler til en værdi af 9144 kr. De 22 ruder med celler erstatter traditionelle ruder

til en værdi af 11.600 kr. Alt i alt 30.744 kr. som skal fratrækkes tilbudsprisen for at komme frem til netto prisen på solcelleruderne.

Nettoprisen for de i alt 2140 W_p installeret effekt bliver herefter 256.356 kr. eller 119,79 kr/ W_p .

Det skal understreges at der er tale om ruder hvor 20 ud af 22 kun er delvis udfyldt med celler. Der er ca. 40 % af de celler der kunne være, hvilket giver en dyr løsning, da der er ekstra omkostninger til glas, håndtering og montering.

Estimerede fremtidige anlægspriser.

Et vinduesintegreret solcellepanel består grundlæggende af nogle celler, noget loddearbejde og en resineret sikkerhedsrude. Resin er den transparente støbemasse som anvendes til sammenlimning af to stykker hærdet glas til en sikkerhedsrude.

Det må derfor forventes at den fremtidige pris ikke vil overstige den samlede pris af et standard modul og en sikkerhedsrude.

Til illustration kan følgende regneeksempel opstilles gældende for en rude på 1 x 2 m. Panelet er helt udfyldt med 96 stk. 125 x 125 mm. polykrystallinske celler i alt 184 W_p . Et panel af denne størrelse er for stort til at kunne fremstilles med den traditionelle lamineringsteknik med EVA-folie, hvorfor et resineret panel er den eneste mulige løsning.

1 x 2m sikkerhedsrude (termorude)	3200 kr.
Værdi af termorude	<u>800 kr.</u>
Netto udgift	2400 kr.
184 W_p celler a' 43 kr.	7912 kr.
3 timer ekstra monteringsarbejde i forhold til standard sikkerhedsrude	<u>900 kr.</u>
I alt	<u>11212 kr.</u>

Det er 61 kr. pr. W_p .

I det solcelleruden erstatter en rude til en værdi af 800 kr.

Hvis man vælger kun at udfylde ruderne delvis med celler vil prisen blive højere.

Som eksempel kan følgende regnestykke opstilles for de to anlæg som nu er installeret på SkibstedFjord Kursus- og Træningscenter.

12 stk. resinerede termo sikkerhedsruder a' 3200 kr.	38.400 kr.
10 stk. resinerede sikkerhedsruder a' 2500 kr.	<u>25.000 kr.</u>
I alt	63.400 kr.
Værdi af erstattede ruder	<u>11.600 kr.</u>
Netto udgift	51.800 kr.

2000 W _p celler a' 43 kr.	86.000 kr.
(12+10) x 3 timer a' 300 kr.	<u>19.800 kr.</u>
I alt	<u>157.600 kr.</u>

Det er 79 kr. pr. W_p.

Hvis man vil sammenligne priserne for vinduesintegrerede solceller med standard moduler, hvilket ikke er rimeligt, da der er tale om to vidt forskellige produkter, så kan man sige at de "skræddersyede" vinduesintegrerede løsninger koster mellem 50 og 100% mere end de massefremstillede standard moduler.