

**HTX 2.3, CEU Herning**

12. april 2007

# Tagvarme



*En teknologirapport udarbejdet af HTX 2.3 på CEU Herning, omhandlende termisk tagvarme til implementering i tagbelægning.*

Udarbejdet af:  
**Kristian Antonsen**  
**Martin Føhns**  
**Rasmus Hyllen**  
**Jonas Kristensen**

# INDHOLD

Indhold.....	2
Projektbeskrivelse.....	3
Problemformulering.....	4
Prototype.....	5
Konstruktionen .....	5
Termisk solfanger .....	6
Solfanger .....	6
Opbygning.....	6
Placering .....	6
Pris .....	6
Fakta .....	6
Tagvarme .....	8
Eksempel.....	8
Pris .....	8
Forsøg.....	10
Fejlkilder .....	11
Konklusion .....	12
Ord- og begrebsforklaring.....	13
Dagbog .....	14
Bilag - Forsøgsbeskrivelse.....	15
Formål .....	15
Apparater.....	15
Fremgangsmåde.....	15
Bilag - Regneeksempel .....	16
Plasticrør: .....	16
Virkningsgrad .....	17
Bilag - Formelsamling .....	18

## PROJEKTBEKRIVELSE

Projektet tager udgangspunkt i emnet "vedvarende energi", og i denne forbindelse har vi valgt at beskæftige os med solenergi, på baggrund af et oplæg fra HHX Herning. På grund af manglende realisme i forhold til projektets omfang med hensyn til ideer, var vi nødsaget til selv at færdiggøre den innovative proces. Her valgte vi at fokusere på termiske solfangere, da vores budget ikke tillod os at arbejde med fotoelektriske solfangere. Produktet af vores idégenerering udmundede sig i en vision om at udnytte solenergi som man gør med traditionelle termiske solfangere, men med den forskel, at de termiske solfangere er bygget ind i tagbelægningen.

I dag fravælger mange solenergi, fordi prisen på solfangere er relativ høj. Derudover er der også nogen, som ikke synes godt om de store, sorte paneler, der skal sidde på deres tag. Med vores produkt trækkes rør gennem tagbelægningen som ligeledes ved almindelige termiske solfangere, er forbundet til en varmeveksler, som udnytter den absorberede varmeenergi gennem dagens løb til opvarmning af brugsvand og bopæl.

## PROBLEMFORMULERING

- **Er der et marked for produktet?**
  - Er det konkurrencedygtigt i forhold til de termiske?
- **Kan det lade sig gøre at lave produktet i praksis?**
  - Hvilke materialer skal anvendes for at få højest effektivitet?
    - Hvilken væske bør vi anvende for at undgå komplikationer mht. til frostvejr og varmetransmission?
    - Hvilke rør bør vi anvende?
      - Hvordan skal vi vægte effektivitet, produktions- og monteringsomkostninger kontra holdbarhed, for samtidig at kunne sælge produktet?
- **Hvor effektiv kan installationen laves?**
  - Hvor meget energi kan opfanges med tagvarmesystemet?
    - Hvor meget spares der i forhold til de generelle termiske solfangere? (Hvis der overhovedet spares noget)

I projektet har vi valgt at fokusere på det funktionelle, og vi vil derfor ikke gå ind og kigge på design af produktet, da dette knap så væsentligt i forhold til det funktionelle.

## PROTOTYPE

Vores prototype består i sin helhed af 12 Dobbelt-S-tagsten fra IBF og en tagkonstruktion hvorpå tagstenene kan ligge (3x4 tagsten). På hver af de 12 tagsten er der blevet indstøbt et 20 mm elektrisk rør med en hældning på ca. 4° i forhold til tagstenen. Herved har vi vertikalt trukket et 15 mm plexrør op og ned gennem tagstenene. Ideen er så at dette skal fungere som erstatning til selve den termiske solfanger, men stadig kobles sammen med en pumpe og varmeveksler som termiske solfanger systemer i dag.

## KONSTRUKTIONEN

Til at konstruere prototypen brugte vi som sagt Dobbelt-S-betontagsten fra IBF. Det optimale ved at benytte betontagsten i dette tilfælde er, at beton som bekendt er meget dårligt isolerende, hvilket også betyder at det er godt til at lede varmen og nemt at arbejde med. Da vi begyndte at konstruere vores prototype, var vi først nødt til at tage højde for hældningen som tagstenene danner med selve tagkonstruktionen. Dette skyldes at slangen som skal løbe inde i tagstenene for så vidt muligt skal løbe parallelt med tagkonstruktionen, hvilket bevirker at det indstøbte rør skal have samme hældning med tagstenen, som tagstenen har med tagkonstruktionen.

For at bestemme denne hældning, benyttede vi os af simple matematiske regnemetoder som vi ikke vil komme videre ind på. Efter at have bestemt hældningen af tagstenene med tagkonstruktionen, og derved hældningen vi ville bestræbe os efter at det indstøbte rør skulle have, konstruerede vi et redskab hvorpå vi kunne placere tagstenene når vi skulle støbe røret på. Dette redskab placerede tagstenen i samme hældning med vandret som tagstenen har med tagkonstruktionen, hvilket gjorde hele processen med indstøbningen af røret en del nemmere.

Sideløbende med konstruktionen af de 12 "termiske" tagsten, konstruerede vi også en tagkonstruktion hvorpå vi kunne placere tagstenene. Vi vil dog ikke gå yderlig i detaljer med konstruktionen af denne, da det reelt ikke er en del af vores prototype, men blot et tømmerredskab vi skulle bruge for at kunne konstruere og fremvise vore egentlige prototype.



Solfangerne ruster ikke med tiden, på grund af at rørføringen ikke er synlig. 25 % af solfangerens produktion forgår om vinteren. Solen yder 25 % energi, når det er overskyet i forhold til når det ikke er, denne energi opfanger solfangerne også.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> <http://www.nrgi.dk/sw9587.asp>

## TAGVARME

I og med at tagvarme er indbygget i tagpladerne og derfor i tagkonstruktionen er det mest rettet mod de som er ved at bygge nyt hus eller skal have lagt deres tag om. Derfor er det nødvendigt at tage i betragtning at det kun er VVS-montørens løn og selve materialernes pris.

### EKSEMPEL

For at bestemme antal rækker der skal ligge på taget måles afstanden fra 2. nederste lægte til øverste lægte, den "lodrette" længde. (595cm. eksempel) Dette tal divideres med den maksimale lægteafstand, i dette tilfælde 37cm.:

$$\frac{595\text{cm.}}{37\text{cm.}} \approx 16\text{rkr.}$$

Selvom dette virker indlysende kan det rent faktisk variere alt efter hvilket cirka-resultat fra det første stykke man vælger at bruge, dette kan også vise sig at være ret så imperativt!

Nu kendes antallet af rækker, nu skal tagets vandrette længde bestemmes, da taget er 230m<sup>2</sup> og firkantet når det ligger fladt kan det samlede areal divideres med en kendt side (dvs. 2·5,95m.) altså 11,9m. dette giver 19,34m. Herefter bestemmes antallet af rækker vandret.

Den totale længde divideres med længden på en enkelt tagsten. Dette resulterer i ca. 48 rækker. Der skal trækkes ledning i tagets fulde længde, 5,95m., og i 16 rækker med de små stykker der binder dem sammen, skal der lægges i alt ca. 100m ledning ind per tagside.

### PRIS

<i>MONTERING</i>	
Timeløn á 340 kr./t i 8 timer	2.720 kr.
<i>MATERIALER</i>	
Ledning	838,50 kr.
Varmvandsbeholder	8.519,00 kr.
Cirkulationspumpe	1.664,25 kr.
Diverse fittings	300,00 kr.
Termovæske	625,00 kr.
Diverse ventiler	3.500,00 kr.
Diverse uforudsete omkostninger	1.811,68 kr.
<i>I ALT</i>	

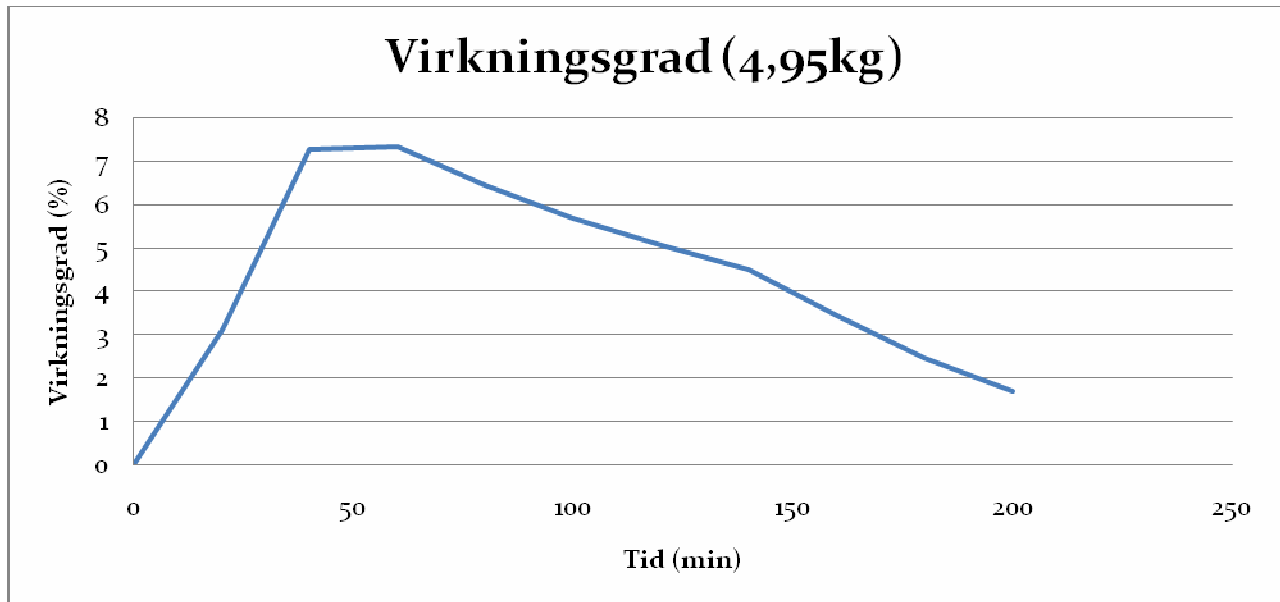
	<b>19.983,43 kr.</b>
--	----------------------

*Priserne er indhentet fra <http://www.billigvvs.dk> og er ekskl. moms.*

Prisen på dette anlæg er estimeret i henhold til at vi ikke rigtigt har noget fastlagt tilbud på hvor meget dette kunne koste, i modsætning til termiske solfangere hvor der eksisterer sådanne tilbud.

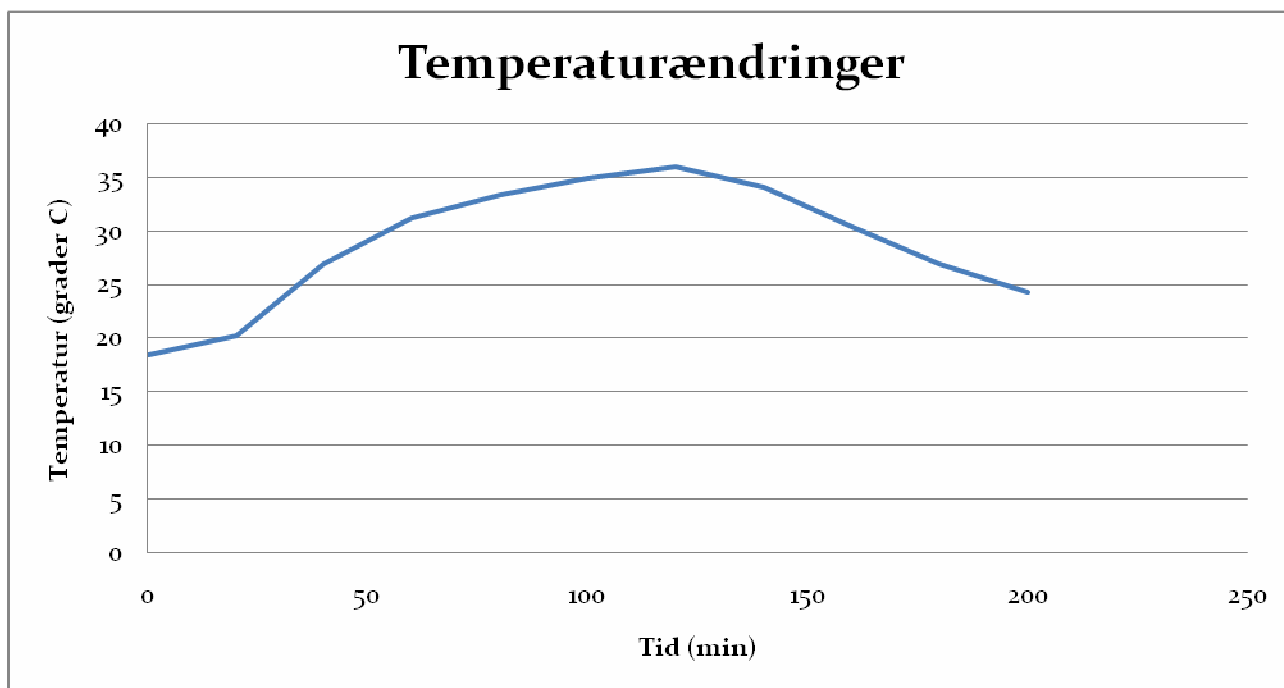
Ifølge vores kilder koster en termisk solfanger omkring 14.995 kr. og sammenholdt med prisen på vores system lyder det naturligvis billigt, men man skal også lige tænke på at der her tale om en integreret løsning der tilbyder brugeren at have et tag med normalt udseende frem for det med en kæmpe boks på. Derudover kræver det ingen vedligeholdelse og hjælper på tagets holdbarhed i storm. En anden ting der adskiller de to er at der er tale om en løsning der har et meget større udviklingspotentiale end solfangere.

## FORSØG



	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
<b>T (temperatur)</b>	18,5	20,3	26,9	31,2	33,4	34,9	36	34,1	30,4	27	24,3
<b>Delta T (temperaturforskel)</b>	0	1,8	8,4	12,7	14,9	16,4	17,5	15,6	11,9	8,5	5,8
<b>Q for 4,95kg (varmekapacitet i kJ)</b>	0	7,48 44	34,9 272	52,8 066	61,95 42	68,1 912	72,76 5	64,8 648	49,48 02	35,34 3	24,1 164
<b>Virkningsgrad for 4,95kg (i %)</b>	0	3,11 85	7,27 65	7,33 425	6,453 563	5,68 26	5,053 125	4,50 45	3,436 125	2,454 375	1,67 475

Ud fra temperaturen fra hvert 20. minut har vi fundet, hvor meget temperaturen ændrer sig fra hvert 20. minut til hvert 20. minut. Med vægten af stenen har vi fundet den varmekapacitet der er i tagstenen, hvorefter vi til sidst har fundet virkningsgraden. For udregning se regneeksemplet i bilaget.



Her afbilder grafen temperaturen ved hvert 20. minut.

	Tændt lampe						Slukket lampe				
Tid	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Temp.	18,5	20,3	26,9	31,2	33,4	34,9	36,0	34,1	30,4	27,0	24,3

#### FEJLKILDER

I alle resultater vi har, er der fejl. Fejlen ligger i temperaturen, som er det eneste, der blev målt under forsøget. Grunden til der er en fejl er, at i vores konstruktion ligger der først det bølgede plasticrør, hvorefter det "rigtige" plasticrør med vand og termometer ligger inden i. Dette betyder, at det yderste plasticrør først absorberer varmen fra lampen, og først derefter absorberer plasticrøret med vand termometer som måler varmeændringen heri. Hvis forsøgsmålingerne skulle have været meget mere rigtig skulle der kun have været et rør med vand og termometer, men da dette var meget vanskelig at konstruere måtte vi tage os til takke med denne konstruktion.

## KONKLUSION

Som sagt skal man tage hensyn til at det er første generation af vores produkt, og dermed er der mulighed for at man kan videreudvikle produktet så det bliver mere effektivt end det er nu, eftersom man ikke kan sige at en virkningsgrad på 7,33 procent er specielt godt, når en traditionel termisk solfanger har en virkningsgrad på mere end 50 procent.

Produktet skulle også kun vise at der var potentiale i at udnytte tagstenens varmekapacitet og det kan man sige at vi har gjort.

## ORD- OG BEGREBSFORKLARING

### Q

Tager udgangspunkt i forsøgene, så er Q (varmekapacitet) når stenen varmes op, så afgiver den varmen til vandet i røret. Q udtrykkes med enheden joule (J)

### KJ

kJ står for kilojoule (1000 joule). 1 joule (1 J) er defineret som 1 watt-sekund. Det er et udtryk for arbejde og energi. En kalorie (cal) svarer til 4,19 joule (J).

### VIRKNINGSGRAD

Kaldes også nytteværdi. Det er forholdet mellem den energi der kan benyttes og den total udviklede energimængde. En procentmæssig opgørelse over reel brugbar energi.

### $\Delta T$ (DELTA T)

Forskellen mellem start og slut temperatur.

### K (KELVIN)

En anden form for temperaturenhed, men da vi kun skal bruge gennemsnitstemperatur har det intet at sige, forskellen er ligesom ved Celsius grader.

Forskellen på Kelvin og Celsius grader er 273,15 grader.

Fx  $100^{\circ}\text{C} = 373,15 \text{ K}$ .

### FOTOELEKTRISK SOLFANGER

Hedder i normaltale bare solceller. Solens energi omsættes til strøm.

### TERMISK SOLFANGER

Hedder i normaltale bare solfangere. Solens energi omsættes til varme.

# DAGBOG

## *UGE 8*

Indhentning af materiale, udlevering af ideer nede på HH. Tilbage på HTX undersøgte, vi hvilke ideer der var økonomisk rentabel og om de kunne føres ud i livet. Efter en lang grundig kom vi frem til at ideerne ikke var økonomisk rentable og/eller realistiske.

## *UGE 9*

Eftersom ingen af ideerne var økonomisk rentable og/eller realistiske, måtte vi selv til at finde på nogle ideer. Ved hjælp af vores innovationslære, fandt vi en ide som ikke var set før, men samtidigt var den heller ikke helt urealistisk.

Vi diskuterede vores nye ideer med vores teknologilære, som gav grønt lys. Den dag havde Jan, vores teknologilære, taget to tagsten med, som skulle gavne den innovative proces. Samme dag fik vi lavet en plan over hvem der skulle lave hvad frem til uge 11. Det var også i dag gruppen blev udvidet med yderligere 3 mand, i form af Glenn Poulsen, Jonas Kristensen, Rasmus Hyllen.

## *UGE 10*

Føhns fik færdiggjort tagkonstruktionen, og snakket med IBF om at de tagsten vi skulle bruge. Mens de andre var i Berlin var det Føhns' opgave at få det gjort færdigt.

## *UGE 11*

Taget blev lagt på tagkonstruktionen og der blev udarbejdet forsøgsopstillinger til de forsøg der skal laves. Og der blev købt plastikrør fra råd & dåd byggecenter.

Heine og Glenn fik lavet en skabelon til hvordan rørene skal støbes på tagstenene. Kristian Og Føhns gik op efter mørtel, og fik støbt 4 sten. To til forsøg og to til at se om de stadigvæk kunne ligge på taget.

## *UGE 12*

Forsøgene blev lavet, og resultaterne skrevet ned, der blev lavet udregninger. De sidste stykker rør blev støbt på tagstenene.

## *UGE 13*

Taget blev lagt på plads, og der blev trukket rør ind igennem. Det var også i dag vi fik lavet de sidste forsøg, og lavet AUTOCAD tegninger. Til sidst blev de forskellige opgaver udelligeret så rapporten kunne blive samlet i løbet af uge 14 og 15.

## BILAG – FORSØGSBESKRIVELSE

### FORMÅL

At afgøre, hvor meget at solens lys teglstene kan overføre til vandet.

### APPARATER

- En spotlampe (tømmer lampe)
- En kasse, hvor indersiderne beklædt med sølvpapir (kun fire sider)
- Et ur
- En teglsten
- Et termometer
- Vand som skal være inde i teglstenen

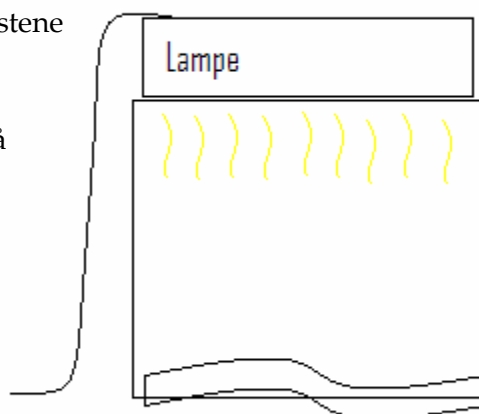
### FREMGANGSMÅDE

Spotlampen placeres i den ene ende af kassen, mens teglstene placeres i den anden ende.

Vandet placeres i et rør, hvor et termometer stikker ud så det er til at aflæse. Røret indsættes i teglstenen.

Vandet temperatur aflæses før forsøget går i gang.

Lampen tændes, og vandet temperatur aflæses hver 20 min. Lampen lader man stå tændt i 2 timer, derefter forsættes aflæsningen af vandets temperatur hvert 20 min de næste 2 timer.



## BILAG – REGNEEKSEMPEL

PLASTICRØR:

Ved 60 min.

$\Delta T$ :

$$T_{\text{start}} = 18,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{slut}} = 31,2^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = T_{\text{slut}} - T_{\text{start}}$$

⇕

$$\Delta T = 31,2^{\circ}\text{C} - 18,5^{\circ}\text{C}$$

⇕

$$\Delta T = \underline{\underline{12,7^{\circ}\text{C}}}$$

$Q_{4,7\text{kg}}$ :

$$c_{\text{beton}} = 0,84 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

$$m = 4,7\text{kg}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

⇕

$$Q = 0,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot 4,7\text{kg} \cdot 12,7^{\circ}\text{C}$$

⇕

$$Q = \underline{\underline{50,1396\text{kJ}}}$$

## VIRKNINGSGRAD

Effekten på lampen = 500W = 500J/s, deraf er 40 % kun varme.

Tiden i sekunder: 60min\*60sek = 3600sek

$Q_{\text{lampe}}$

$$Q = E * s$$

↕

$$Q = 500 \frac{J}{s} \cdot 3600 \text{sek}$$

↕

$$Q = 1800000J = 1800kJ$$

↕

$$Q = \frac{1800kJ}{100\%} \cdot 40\%$$

↕

$$Q = \underline{\underline{720kJ}}$$

$$\eta = \frac{Q_{4,7kg}}{Q_{\text{lampe}}} \cdot 100\%$$

↕

$$\eta = \frac{50,1396kJ}{720kJ} \cdot 100\%$$

↕

$$\eta = \underline{\underline{6,96\%}}$$

Vi regner kun med det er lampen der giver varme til stenen.

## BILAG - FORMELSAMLING

### Delta T ( $\Delta T$ )

$$\Delta T = T_{slut} - T_{start}$$

### Varmekapacitet (Q)

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

m er massen på det legeme der indeholder varmeenergien (vægten).

c er den specifikke varmekapacitet for et materiale eller stof (tabelværdi).

### Nytteværdi

$$\eta = \frac{E_{nyttig}}{E}$$

### Virkningsgrad

$$\eta = \frac{E_{nyttig} / t}{E / t}$$