



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

# Udvikling og test af ny generation vinkøleskabe

Teknologisk Institut

Vestfrost Solutions

EUDP

November 2013

Per Henrik Pedersen

Emil Jacobsen

Marcin Andreasen

Frederik Bramsen

Bent Christensen



## **Indhold**

Udvikling og test af ny generation vinkøleskabe .....	1
Teknologisk Institut .....	1
Vestfrost Solutions .....	1
EUDP .....	1
1 Resume .....	4
2 Baggrund .....	5
3 Formål .....	5
3.1 Delprojekt 1: Det generelle udviklingsforløb: Ecodesign og kølemøbler .....	10
3.1.1 Formål med det generelle forløb: .....	10
3.1.2 Informationsudveksling om ny teknologi og EU-arbejdet .....	10
3.2 Udviklingsforløb: Ny generation af vinkølere fra Vestfrost Solutions .....	10
3.2.1 Baggrund: .....	10
3.2.2 Formål: .....	12
4 UDVIKLINGSFORLØB .....	14
4.1 Opstilling af beregningsmodel .....	14
4.2 Beregninger på standardvinkøler .....	14
4.3 Beregninger af forbedringer ved forskellige tiltag .....	17
5 Laboratorietest .....	20
6 Produktion af 0-serie til field-test .....	24
7 FIELD TEST .....	27
7.1 Måleudstyr .....	28
7.1.1 Energimålerne .....	28
7.1.2 Temperatur loggere .....	30
7.2 Måleresultater .....	33
7.2.1 Reference model .....	33
7.2.2 Ny generation, Secop model .....	34
7.3 Analyse .....	34
7.3.1 Temperaturlast .....	34
7.3.2 Døråbninger versus energiforbrug .....	38
7.3.3 Energibesparelse .....	39
7.4 Sammenligning .....	45
8 Konklusion .....	46
9 Appendix liste .....	47



9.1	Appendix A – Beregninger, 1 .....	48
9.2	Appendix B – Beregninger, 2.....	58
9.3	Appendix C - Test af forskellige komponenter .....	66
9.4	Appendix D - Forslag til forbedringer.....	77
9.5	Appendix E - Den samlede testrapport fra lab-test på TI.....	82
9.6	Appendix F - Forslag til måleudstyr.....	113
9.7	Appendix G - Energimåler test.....	115
9.8	Appendix H - Temperaturlogger test.....	120
9.9	Appendix I – Field Test Statusrapporter .....	133
9.10	Appendix J – Aflæsninger.....	172
9.11	Appendix K - Work Shops.....	175



## 1 Resume

I projektet er der udviklet og testet en ny generation af vinkøleskabe, som sparer ca. 47 % af elforbruget sammenlignet med den eksisterende generation af vinkøleskabe. De nye køleskabe er i energiklasse A+.

Dette er verificeret ved laboratorie-test og ved field-test. Field-testen er foretaget med 8 nye ”0-serie”-apparater og 8 standard-skabe hos forbrugere i Esbjerg-området. Forbrugerne var generelt meget glade for vinkøleskabene.

Vinkøleskabet er testet i laboratorium på Teknologisk Institut, og energibesparelserne kommer fra flere tiltag, hvor det mest signifikante er brug af en nyudviklet kompressor fra SECOP. Denne kompressor betyder alene en besparelse på ca. 36 % i forhold til standard-køleskabet.

Andre tiltag er brug af switch-mode strømforsyninger, brug af én ventilator (i stedet for to), placering af strømforsyninger og styring udenfor skabet.

Vestfrost Solutions er nu i gang med at kommercialisere apparatet, det vil sige at gøre det egnet til produktion og markedsføring.



## 2 Baggrund

I forbindelse med Eco-Design direktivet fra 2005 er der på europæisk plan igangsat studier af, hvordan energimærkningskriterier og minimumskrav til energieffektivitet skal se ud for en række produkter.

Blandt de studier der er langt fremme er studier for kommercielle køleskabe og -frysere. Disse studier var så langt, at der forventedes fremlagt forslag til konkrete krav og kriterier for produkterne i løbet af 2011. Det viste sig, at det var vel optimistisk, idet forslag til energimærkningsordning og ecodesign-krav til storkøkken-køleskabe kom i 2012 og forventes vedtaget i løbet af nogle måneder (planlagt til december 2013, men bliver formentlig udskudt til februar 2014) og forslag til flaskekølere er endnu ikke fremlagt.

Derimod kom vinkølere pludseligt ind under energimærkningssystemet for husholdningskøleskabe og frysere, og det medførte, at vinkølere kom i stærk fokus i Vestfrost-delen af projektet.

Energistyrelsen i Danmark har prioriteret dette EU-arbejde meget højt, og deltager meget aktivt i at skabe skrappe (men realistiske) krav til energieffektivitet for fremtidige produkter. Teknologisk Institut arbejder som konsulent for Energistyrelsen, og deltager som ”stakeholders” i en lang række af de studier, som er i gang i EU. Det drejer sig bl.a. om forskellige typer af kommercielle/professionelle køleskabe og –frysere, hvilket er et område, hvori dansk køleindustri har stor produktion af komponenter og færdige enheder, herunder professionelle kølemøbler som storkøkken-køleskabe og –frysere, flaskekølere, impuls-salgskølere, vinkølere, vaccinekølere, lavtemperaturfrysere, iscremefrysere m. m.

Det er meningen at studierne skal udmøntes i konkrete ordninger, som stiller krav til produkter. Det kan være energimærkningsordninger (som vi i dag kender fra bl.a. husholdningskøleskabe) og forbud mod de mest energiforbrugende apparater.

De kommende krav og kriterier giver en række udfordringer og muligheder for de danske producenter af energiforbrugende produkter og underleverandører af komponenter, der benyttes i disse produkter.

De kommende krav giver også store muligheder for de danske producenter, som traditionelt har stået stærkt med energieffektive og miljøvenlige produkter.

## 3 Formål

Der er ca. 500 mennesker direkte beskæftiget med produktion af professionelle kølemøbler hos Vestfrost Solutions i Esbjerg og Gram Commercial i Vojens. Hertil kommer et tilsvarende antal ansatte hos producenter af komponenter og andre underleverandører. Langt størstedelen af disse produkter eksporteres.

Formålet med projektet er at sikre, at den relative store danske produktion af professionelle kølemøbler fremtidssikres, således at produkterne også i fremtiden vil være blandt de mest energieffektive og miljøvenlige, - og kan leve op til de kommende ecodesign-krav således, at de danske producenter har produkter, som kommer til at ligge i den allerbedste energiklasse i de energimærkningsordninger som vil blive indført i EU.

Danske produkter skal være ”best in class” og dette skal medvirke til at sikre konkurrenceevnen, eksport og beskæftigelse.



### *Udvikling af ”best in class” kølemøbler til supermarkeder, erhverv og offentlige institutioner*

Ecodesign studier for kommercielle/professionelle kølemøbler er specielt rettet mod flaskekølere (herunder vinkølere), iscremefrysere, sodavandsautomater, storkøkken-køleskabe og frysere (plug-in-kølemøbler), supermarkeds-køle og –frysegondoler og kølereoler (”Remote kølemøbler”). Ecodesign-studierne på disse produkter lægger indirekte op til, at der skal indføres en kombination af ordninger til at sikre, at det er de mest energieffektive kølemøbler, som installeres i fremtiden. I studiet gennemgås mulige ordninger som energimærkningsordninger, forbud mod de mest energiforbrugende apparater m.m. Der er gennemført to studier og sket en revision af energimærkningssystemet for husholdningskølemøbler:

- Lot12 ”Commercial Refrigeration equipment” (herunder flaskekølere)
- Entr Lot 1: Professional refrigeration (herunder storkøkken-køleskabe og frysere)
- Lot13: Endvidere er der gennemført en revision af Energimærkningsdirektivet for husholdningskøleskabe og frysere og herved er vinkølere blevet underlagt energimærkningssystemet.

Kommissionen har fremsat forslag til implementering af ordninger for Entr Lot 1, som bl.a. omfatter Grams produkter. Disse forventes at blive vedtaget i den Regulerende Komite indenfor nogle måneder, og det vil betyde, at de i projektet udviklede produkter fra Gram vil blive ”best in class”.

Kommissionen har igangsat et nyt studie i Lot12, og dette arbejde kører på fuldt tryk, og der forventes forslag til energimærkningsordninger og ecodesign-krav i løbet af 2014.

Der har i Danmark været stor fokus på dette område, og der har været tradition for at danske virksomheder i kølebranchen har markedsført energieffektive (og miljøvenlige) komponenter og produkter. Derfor har danske virksomheder et godt fundament for fremtidige stramme krav til produkter på dette område, og nærværende projekt skal sikre, at denne position fastholdes. Kølemøbler består (lidt forenklet forklaret) af et kabinet, et kølesystem (som består af en række komponenter), et system til luftcirkulation og styringsautomatik. Adskillige udviklingsprojekter har demonstreret, at mange butikskølemøbler forbruger meget strøm, og der er et stort energibesparelsespotentiale. Tabellen på næste side viser en oversigt over forskellige tidligere F&U-projekter med professionelle kølemøbler:



Titel	J. nr. (ENS)	Producent, samarbejds-partnere	Resultat
Udvikling af energibesparende flaskekøler	731327/97-0141	Vestfrost, Coca-Cola	Ny energibesparende flaskekøler, markedsført af Vestfrost, se: <a href="http://www.teknologisk.dk/root/media/13109_Flaskekøler.pdf">http://www.teknologisk.dk/root/media/13109_Flaskekøler.pdf</a>
Udvikling af energibesparende og miljøvenlige storkøkkenkøleskabe og fryser	J.nr.731327/00-0122	Gram Commercial og brugere	Ny generation af storkøkkenkøleskabe og fryser. Se: <a href="http://www.hfc-fri.dk/root/media/24176_920051_Case%20Gram%20Commercial%20ver1.pdf">http://www.hfc-fri.dk/root/media/24176_920051_Case%20Gram%20Commercial%20ver1.pdf</a>
“FEHA-projektet”, (Reduktion af varmetilførsel til kølemøbler)	J.nr.731327/01-0156	Bl.a. Vestfrost og Carlsberg	Ny generation (og nyt design) af flaskekølere. Se: <a href="http://www.teknologisk.dk/root/media/24774_Flaskekøler.pdf">http://www.teknologisk.dk/root/media/24774_Flaskekøler.pdf</a> <a href="http://www.refrigerantsnaturally.com/assets/files/download/pdf/glc2008/GLC_Presentation_Carlsberg.pdf">http://www.refrigerantsnaturally.com/assets/files/download/pdf/glc2008/GLC_Presentation_Carlsberg.pdf</a>
Energieffektive impuls-kølere	Elforsk	Vestfrost, PepsiCo og COOP	Projektet vandt ”Elforsk-prisen” 2011. Ny energibesparende impuls-køler. Se: <a href="http://www.elforsk.dk/projektinfo.asp?m=4&amp;projektID=145">http://www.elforsk.dk/projektinfo.asp?m=4&amp;projektID=145</a>
Solcelledrevne vaccinekølere	1253/99-0009 og 33033-0297 (igangværende).	Danfoss, Vestfrost, WHO, UNICEF, UNEP, PATH, GTZ, World Bank, Greenpeace International	Solcelledrevet vaccinekøler uden batteri og med naturlige kølemidler (SolarChill A). Se: <a href="http://vestfrostsolutions.com/">http://vestfrostsolutions.com/</a> <a href="http://www.solarchill.org/">http://www.solarchill.org/</a>

Tabel 3-1: Oversigt over tidligere udviklingsprojekter med professionelle kølemøbler



Danske producenter af komponenter og apparater har udviklet teknologisk stærke produkter, som reducerer elforbruget, f.eks. kølekompressorer med variabel hastighed, automatik til styring af kølemøbler, kølemøbler med naturlige kølemidler m.m.

Danske producenter er leveringsdygtige i energieffektive apparater, men mangel på energimærkningsordninger eller andre værktøjer for købere og brugere af dette udstyr har ofte medført, at det er salgsprisen frem for den samlede "life cycle cost", som har været den største konkurrencefaktor.

Det vil forhåbentlig blive ændret, når de nye ordninger bliver implementeret i EU.

Det høje teknologiske niveau, som danske producenter af komponenter og udstyr har, skal fastholdes og sikres. I starten arbejdes mod, at deltagerne i projektet har produkter, som kan leve op til alle de scenarier, som er beskrevet i EU-studiet. Når der bliver mere konkrete regler i EU, skal alle danske producenter kunne levere produkter til at være "best in class".

## Indhold:

Indholdet har bestået af to forløb:

1. Et generelt forløb, som alle deltagerne er med i, og som på generelt plan skal gøre danske producenter klar til at møde fremtidens udfordringer, herunder at teste komponenter og apparater efter den (eller de) standarder, som det måtte besluttes at benytte (Bl.a. EN ISO 23953). I det generelle forløb demonstreres ny teknologi og beregningsværktøjer, som kan hjælpe de deltagende virksomheder med at dimensionere energieffektive apparater. I det generelle forløb skal sikres, at deltagerne er a jour med udviklingen i de enkelte ecodesign-studier og de implementeringsforanstaltninger, som EU-kommissionen udarbejder forslag til efterfølgende. De industrielle partnere har her mulighed for at kommentere på rapporter og udkast til implementeringsforanstaltninger, således at Energistyrelsen får mulighed for at medtage disse synspunkter i implementeringsforhandlingerne i EU.

I det generelle forløb er der sket vidensdeling mellem de deltagende virksomheder. Der er afholdt 4 workshops

2. Et specifikt forløb, hvor de enkelte producenter udviklede et optimeret produkt, som lever op til at være "best in class", ved hjælp af optimerede komponenter og optimerede kølemøbler (kabinetter). De udviklede produkter er testet efter relevant standard (som er EN ISO 23953 og EN153), og der er udarbejdet testrapporter, som producenterne kan benytte til at markedsføre deres produkter og øge konkurrenceevnen ved at gøre energieffektivitet til en konkurrencefaktor.





## **Deltagere:**

Fremstillingsvirksomheder:

Vestfrost Solutions (flaskekølere og vinkølere)

Gram Commercial (storkøkken køl + frys)

Danfoss (komponenter: kompressorer, ekspansionsventiler og automatik).

SECOP (tidligere Danfoss Compressors) har deltaget i udviklingsforløbet og på de 4 workshops og specifikke møder med Gram Commercial og Vestfrost solutions.

EBM Papst er en stor tysk producent af ventilatorer og har deltaget i 3 ud af 4 workshops.

Teknologisk Institut (testlaboratorium og teknologisk vidensinstitution). Teknologisk Institut har været projektleder.

## **Styregruppe**

Der blev nedsat en styregruppe med repræsentanter fra Energistyrelsen, de deltagende virksomheder og Teknologisk Institut. Der har været afholdt et styregruppemøde på Teknologisk Institut i efteråret 2012 med deltagelse af to repræsentanter fra EUDP-sekretariatet.

En repræsentant fra EUDP-sekretariatet deltog i den sidste workshop hos Vestfrost solutions i Esbjerg i april 2013.

En repræsentant fra Ecodesign-gruppen i Energistyrelsen har deltaget i to workshops, og har givet oplæg om status og fremdrift i EU Ecodesign-arbejdet og deltaget i diskussioner med branchen.



### **3.1 Delprojekt 1: Det generelle udviklingsforløb: Ecodesign og kølemøbler**

#### **3.1.1 Formål med det generelle forløb:**

Dette delprojekt er et generelt forløb, som alle deltagerne er med i, og som på generelt plan skal gøre danske producenter klar til at møde fremtidens udfordringer, herunder at teste komponenter og apparater efter den (eller de) standarder, som det måtte besluttes at benytte (Bl.a. EN ISO 23 953). I det generelle forløb demonstreres ny teknologi og beregningsværktøjer, som kan hjælpe de deltagende virksomheder med at dimensionere effektive apparater.

I det generelle forløb er sikret, at deltagerne er a jour med udviklingen i de enkelte ecodesign-studier og de implementeringsforanstaltninger, som EU-kommissionen har udarbejdet forslag til. De industrielle partnere har her haft mulighed for at kommentere på rapporter og udkast til implementeringsforanstaltninger, således at Energistyrelsen har fået mulighed for at medtage disse synspunkter i implementeringsforhandlingerne i EU.

I det generelle forløb har deltagerne fået de nyeste informationer om forslag og anbefalinger fra Ecodesign-studierne og implementeringsforslag fra Kommissionen side. Dette har gjort, at de danske producenter er klar til så hurtigt som muligt, at få klargjort nye produkter, som vil kunne leve op til den bedste energimærkningsklasse samt selvklart at overholde ecodesign-krav til energieffektivitet m.v.

#### **3.1.2 Informationsudveksling om ny teknologi og EU-arbejdet**

Delprojekt 1 har bestået af 4 workshops med de deltagende virksomheder og med specifikke indbudte gæster, herunder Energistyrelsens medarbejdere, som er ansvarlige for ecodesign-arbejdet. På sidste workshop deltog Povl Frich, EUDP-sekretariatet.

Der er holdt en række indlæg fra alle partnere om nye tekniske muligheder samt om de igangværende Ecodesignstudier og implementeringsforslag, som Kommissionen fremlagde undervejs i forløbet.

Der var tale om meget konstruktive diskussioner, og alle deltagere udtrykte på sidste workshop tilfredshed med forløbet og ønskede en forlængelse af samarbejdet i et nyt fælles projekt i fremtiden. Referater og præsentationer fra de 4 workshops kan ses på dette link:

<http://www.teknologisk.dk/feha/30756>

Ét referat og én præsentation er dog ikke gengivet efter ønske fra SECOP, idet de indeholder fortrolige oplysninger. Teknologisk Institut er dog i besiddelse af disse dokumenter, og de kan fremvises for EUDP-sekretariatet, hvis det ønskes.

Teknologisk Institut har bistået Energistyrelsen med at beskrive forslag og kommentere på kommissionens forslag. Teknologisk Institut har ligeledes deltaget i en række møder i EU om disse emner.

Endvidere har der på hver workshop været generel erfaringsudveksling mellem de deltagende virksomheder, herunder erfaringer med de konkrete udviklingsforløb i delprojekt 2.1. og 2.2.

### **3.2 Udviklingsforløb: Ny generation af vinkølere fra Vestfrost Solutions**

#### **3.2.1 Baggrund:**

Vestfrost udviklede i samarbejde med bl.a. Teknologisk institut og Carlsberg og med økonomisk støtte fra Energistyrelsen en ny generation af energibesparende og miljøvenlige flaskekølere og



frysere (J.nr.731327/01-0156 ”Reduktion af varmetilførsel til kølemøbler”, CO<sub>2</sub>-midler 5. april 2002).

Produkterne var færdigudviklede og blev markedsført i 2006 og blev en kæmpe succes for Vestfrost solutions. De nye produkter sparede 28% i forhold til den tidligere generation af flaskekølere, og resultaterne blev præsenteret på IIR Gustav Lorentzen-konference i København i 2008. Resultaterne blev ligeledes fremvist i et samarbejde mellem Carlsberg og Teknologisk Institut på et møde i ”Refrigerants Naturally”-initiativet hos Carlsberg i 2007. Resultaterne er medvirkende til, at Carlsberg i dag anvender flaskekølere, der bruger naturlige kølemidler (kulbrinter).

De nye produkter benytter det naturlige kølemiddel (R600a isobutan) og kompressorer fra SECOP (tidligere Danfoss Compressors).

De nye produkter lever op til testkriterier fra the Coca-Cola Company og den europæiske standard EN ISO 23953, og er formentlig de mest effektive på markedet.

Vestfrost Solutions har fået en stor markedsandel for disse produkter, og nu begynder konkurrenterne at nærme sig den gode energieffektivitet, som Vestfrost Solutions var den første til at markedsføre.

Vestfrost har dog været hæmmet af, at der ikke på dette produktsegment er noget energimærkningssystem, og derfor er salgsprisen (”first costs”) ofte den vigtigste konkurrenceparameter.

Det er ofte store producenter af læskedrikke og store bryggerier, som indkøber flaskekølere og opstiller dem gratis i supermarkeder, hos købmænd og i kiosker, og anlægsværterne betaler for energiforbruget.

Disse brugere af apparaterne har ikke haft nogen grundlag til at bedømme apparaternes energiforbrug, da der ikke findes noget energimærkningssystem eller andre objektive målestokke for energieffektivitet.

Men nu er der som nævnt udsigt til, at dette vil ændres. Samtidig er der fremkommet nye tekniske muligheder, idet der er udviklet nye komponenter, som kan gøre apparaterne yderligere energieffektive. Det drejer sig bl.a. om nye energieffektive kompressorer, ventilatorer, energiglas, LED-lamper m.v. Hertil kommer nye muligheder med ekspansionsventiler og styring af disse (nye Danfoss ventiler).

Derfor ville Vestfrost Solutions i dette nye projekt foretage en gennemgang og gennemgribende redesign af produkterne og udvikle en ny generation af professionelle køleskabe, således at man også i fremtiden er i front med energieffektive og miljøvenlige produkter.

Samtidig skal produkterne kunne leve op til at være i den bedste energiklasse i de fremtidige energimærkningsordninger i EU og selvfølgelig kunne klare minimumseffektivitetskrav – også i langtidsperspektiv.

Vinkølere er en speciel type flaskekølere, som er et vigtigt produkt for Vestfrost Solutions.

Vestfrost producerer mange vinkølere som OEM-producent, men de sælger også under Vestfrost-navnet i Danmark. Undervejs i projektet kom vinkølere ind under EU-energimærkningssystemet (sammen med husholdningskøleskabe og frysere). Derfor blev projektets fokus rettet mod dette produkt. Endvidere kom der en ny teknisk mulighed, som passede til denne vinkøler-type, nemlig en ny SECOP-kompressor med hastighedsregulering (”variable speed capacity”).



Figur 3-1: Foto af den nye generation vinkølere fra Vestfrost. Billedet er taget hos Vinoble (Vinhandel), store Kongensgade i Esbjerg, under field test

### 3.2.2 Formål:

Formålet er at udvikle en ny generation af vinkølere, som kan sikre at Vestfrost Solutions – også i fremtiden vil være ledende med miljøvenlige, energieffektive og konkurrencedygtige produkter. Målsætningen var, at den nye generation af produkter skulle være endnu mere energieffektiv sammenlignet med den gamle generation således at energiforbruget reduceres med mindst 25 %. Samtidig benyttes selvsagt naturlige kølemidler med ingen eller minimal miljøpåvirkning.

Udviklingsforløbet var fra starten opdelt i 12 aktiviteter, som alle er gennemført:

1. Kortlægning af den benyttede teknologi i vinkølere. Der tages udgangspunkt i de eksisterende produkter fra Vestfrost Solutions og konkurrerende produkter. Kortlægning af



ny teknologi, som er fremkommet eller på vej, herunder nye optimerede kompressorer (f.eks. nye kompressorer med variabel hastighed).

2. Opstilling af beregningsværktøjer til brug for analyser af optimeringsmuligheder. Der tages udgangspunkt i de beregningsværktøjer, som blev udviklet i tidligere projekter, og disse tilpasses og moderniseres til nutidens software. De nye beregningsværktøjer ”tunes”, således at model passer til testdata. Analyse af forskellige optimeringsmuligheder.
3. Design af første prototype af optimeret vinkøler.
4. Bygning af de første prototyper, som blev designet i henhold til punkt 3.
5. Test af de første prototyper i klimakammer på Teknologisk Institut og hos Vestfrost Solutions. Udarbejdelse af testrapporter og analyse af resultatet.
6. Design af og bygning af anden generation af prototyper.
7. Test af anden generation af prototyper efter EN 153 i klimakamre på Teknologisk Institut. Udarbejdelse af testrapporter og analyse af resultatet.
8. Bygning af ”0-serier” af 10 nye vinkølere til field test
9. Indkøb af instrumenter og klargøring af måleudstyr til field test. Udpegning af værter til field test af 10 nye og 10 gamle flaskekølere.
10. Opstilling af enheder til field test, opstart af instrumenter.
11. Indsamling af måledata og udarbejdelse af testrapporter efter 1 måned, 3 måneder, 6 måneder og til slut.
12. Indsamling af testudstyr. Udarbejdelse af samlet rapport for projektet.

Projektet havde opstart i januar 2011 og har løbet i 3 år inklusiv field-test i godt et halvt år.

## 4 UDVIKLINGSFORLØB

I forbindelse med de fire workshops blev der præsenteret en hel del nye tekniske muligheder med nye ventilatorer, nye kompressorer, nye ekspansionsventiler og nyt kontroludstyr. Samtidig er der indhentet nye informationer om energiglas til døren i vinkøleren. Derfor havde vi hurtigt i projektet et godt grundlag for – ved hjælp af beregningsprogrammer – at vurdere effekten af forskellige tiltag. I udviklingsforløbet med vinkøleren blev der endvidere afholdt specifikke projektmøder, hvor de forskellige mulige tiltag blev diskuteret og vurderet, dels ud fra energibesparelspotentiale og dels ud fra omkostninger.

### 4.1 Opstilling af beregningsmodel

I starten af projektet var det åbent, om der skulle sættes på en flaskekøler til sodavand (Vestfrost M200) eller en flaskekøler til vin (vinkøleskab). Som tidligere nævnt kom der i perioden et energimærkningssystem for vinkølere, og derfor sættedes der tidligt i projektet på, at energioptimere Vestfrosts vinkøler.

Hidtil er Vestfrosts vinkøler i Energiklasse B, og i starten af projektet sættedes der på at få vinkøleren i energiklasse A.

Denne målsætning blev senere i projektet skærpet, således at der nu sættes på at få vinkøleren i Energiklasse A+ i en realistisk og produktionsmoden udgave.

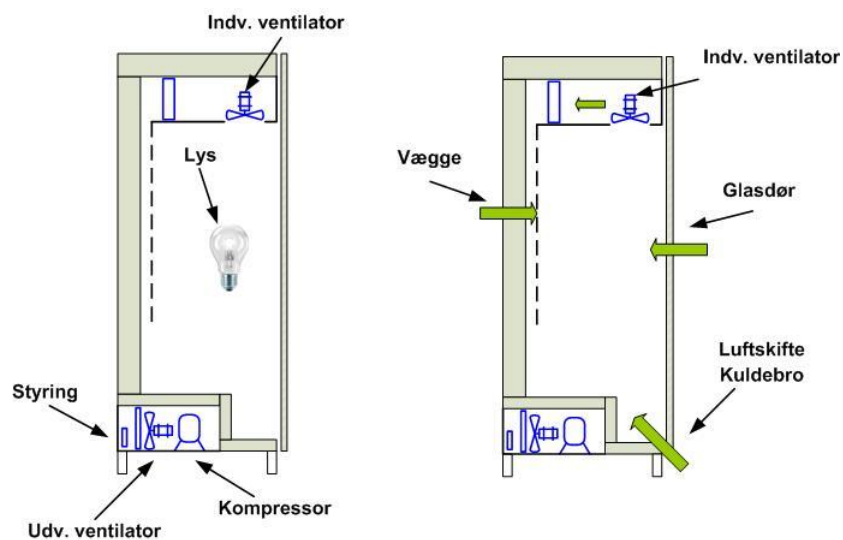
### 4.2 Beregninger på standardvinkøler

Overordnet set er der kun et mindre forskel i opbygning af en Vinkøler og en Flaskekøler.

Forskellen ligger i at Vinkøler har en rygkondensator og dermed har ikke en udvendig ventilator hvorimod flaskekøler har en blok-kondensator monteret nederst i kølemøblet med ventilatorer der sørger for luftskifte se Figur 4-2.



Figur 4-1: Set fra venstre: Flaskekøler, Vinkøler



Figur 4-2: Skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald

I Tabel 4-1 ses den beregnede kuldebelastning samt opmålt energiforbrug af de enkelte komponenter i de to møbler. For flaskekøler er kuldebelastning beregnet på basis af  $2^{\circ}\text{C}$  indvendig temperatur i møblet og  $32^{\circ}\text{C}$  omgivelsestemperatur. For vinkekøleren er kuldebelastning beregnet på basis af  $12^{\circ}\text{C}$  indvendig temperatur i møblet og  $25^{\circ}\text{C}$  omgivelsestemperatur.



<b>Kuldebelastning</b>		<b>Flaskekøler</b>	<b>Vinkøler</b>
Indv. ventilator	W	12,8	4,72
Vægge	W	46	20
Glasdør	W	42	17
Kuldebro	W	22,9	9,5
Luftskifte <sup>1</sup>	W	0,45	0,16
Lys <sup>2</sup>	W	17,8	0
Transformator lys(tab)	W	4,98	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	0	3,1
<b>Total fordampbelastning</b>	<b>W</b>	<b>146,93</b>	<b>54,48</b>
<b>Effektforbrug</b>			
Kompressor <sup>3</sup>	W	85,5	22,3
Udv. ventilator <sup>4</sup>	W	8,96 (11,2)	0
Indv. ventilator	W	12,8 (9-16)	4,72 (5,9)
Styring	W	3,5	1,7
Lys	W	17,8	0 (8,5)
Transformator lys (tab)	W	4,98	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	0	3,1
Transformator udv. ventilator(tab)	W	3,7	0
<b>Total Forbrug</b>	<b>W</b>	<b>137,24</b>	<b>31,82</b>
	<b>kWh/d</b>	<b>3,29</b>	<b>0,76</b>

Tabel 4-1: Beregnede kuldebelastning målt energiforbrug

Betragter man resultaterne i Tabel 4-1 ses det at samme tendenser slår igennem for de to kølemøbler. Den største kuldebelastning kommer fra varmeindfald via væggene, glasdør og tætningslister. Samlet set i begge tilfælde står disse varmeindfald for over 80 % af den samlede kuldebelastning.

Betragter man effektforbrugende komponenter så er kompressor den komponent der forbruger mest energi med et energiforbrug omkring 60 % af det samlede energiforbrug i kølemøblerne.

---

<sup>1</sup> Der regnes med 1 gang luftskifte pr. 24h

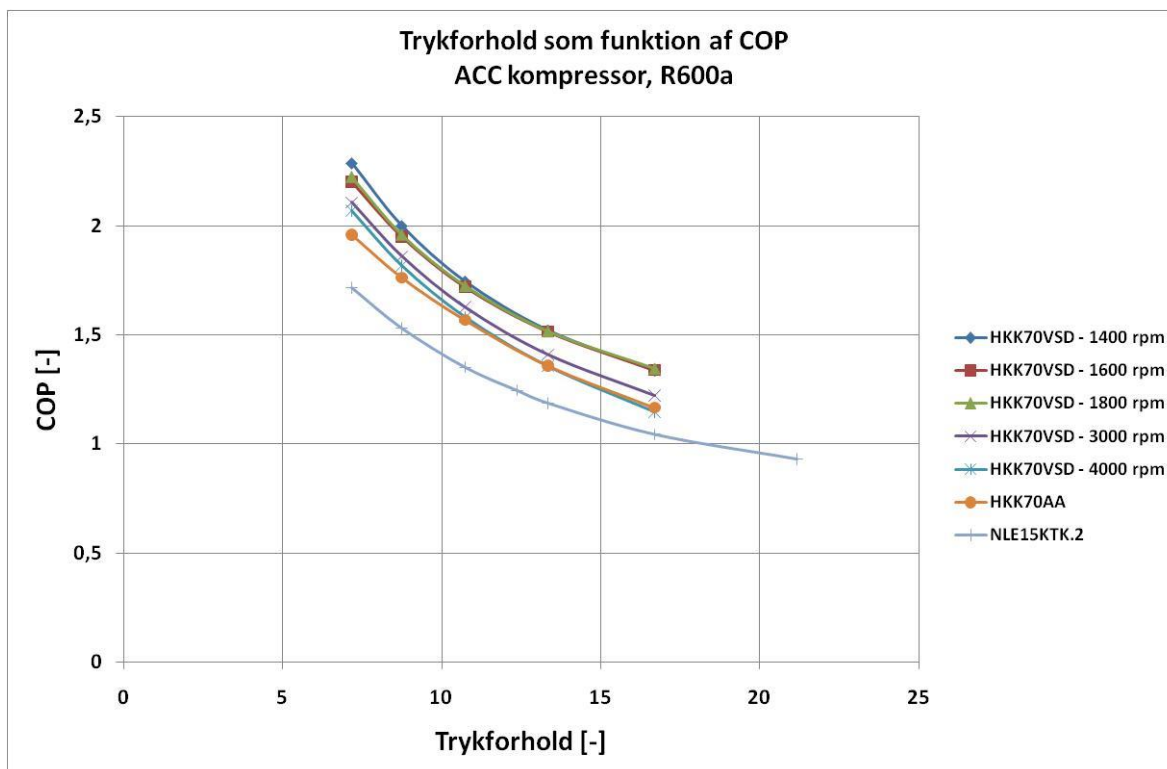
<sup>2</sup> Der regnes med at varmen fra lyset afsættes 100 % i kølemøblet. For Flaskekøler regnes der med at lyset er tændt hele tiden, for Vinkøler regnes der med at lyset er slukket hele tiden.

<sup>3</sup> Dette er en beregningsværdi. Effektforbrug er beregnet på baggrund af den oplyste COP i produktdatablade hvor der regnes på at kondenserings og fordampningstemperatur er  $T_{\text{fordampning}} = -22^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{kondensering}} = 42^{\circ}\text{C}$  for Flaskekøler og  $T_{\text{fordampning}} = 2^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{kondensering}} = 35^{\circ}\text{C}$  for Vinkøler

<sup>4</sup> Der regnes med 80 % drift på ventilatorerne. I parentes er der angivet værdierne ved fuld ventilatordrift.



### 4.3 Beregninger af forbedringer ved forskellige tiltag



Figur 4-3: COP'er for HKK70VSD, HKK70AA og NLE15KTK ved kondenseringstemperatur på 55°C. det er ACC HKK70AA som benyttes i udgangspunktet

#### Optimeringspotentiale

Baseret på resultaterne fra foregående afsnit foreslås det at fokusere på følgende tiltag der kan minimere energiforbruget:

- 1) Vægisolering: Tykkere isolering
- 2) Glasdør: Glasdør med en bedre U-værdi (3-lagsglas)
- 3) Tætningsliste: Tætningslisten kunne gøres bredere og dermed bedre isolerende.
- 4) Indvendig ventilator: Mere effektiv ventilator / motoreffekt ikke afsat i kølemøblet
- 5) Kompressor: Der er flere tiltag der kan forbedre kompressorens energiforbrug
  - a. Bedre kondensator og bedre fordamper. Dette vil bevirke at kompressoren vil køre under mere fordelagtige trykforhold og dermed vil man kunne opnå bedre system COP.
  - b. Variabel hastighed

Vedrørende punkt 5b angående kompressor med variabel hastighed så kom der datablade på HKK70VSD og HKK95VSD kompressorer fra ACC. HKK70VSD og HKK95VSD er en variabel hastighed kompressorer hvor hastigheden kan reguleres fra 1400 rpm – 4000 rpm.

I Figur 4-3 er der plottet COP værdierne for HKK70AA.03 kompressor som er placeret i vinkøler; NLE15KTK.2 kompressor som er placeret i flaskekøleren og variabel hastighed kompressorer



HKK70VSD og HKK95VSD. Af figurene kan man se, at begge variabel hastighed kompressorer er mere effektive især ved lavere omdrejninger.

Vestfrost forsøgte at montere de nye kompressorer med variabel hastighed fra ACC, men det lykkedes aldrig rigtig at få dem til at fungere, da der var tale om prototyper med ufærdig styring.

### SECOP XV5KX

Der dukkede imidlertid en ny mulighed op i forbindelse med Workshop 2 hos SECOP (Danfoss Compressors), idet man løftede sløret for, at SECOP var ved at udvikle en helt ny kompressortype, som i størrelse og funktion vil passe til vinkøleren

I efteråret 2012 fik Teknologisk Institut mulighed for at få en første prototype, som virkede utrolig godt, og som nedbragte elforbruget med ca. 36 % udelukkende ved at skifte til denne kompressor.

I kapitel 5: Laboratorietest vil man kunne se, at der også blev testet andre tiltag, således, at den samlede besparelse kommer op på ca. 47 % og hvis der endvidere benyttes 3-lags-glasruder kommer besparelsen over 50 %.

I Appendix A – Beregninger, 1 og Appendix B – Beregninger, 2 er givet yderligere information om beregninger og vurderinger om tiltag.

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	5a Kom	5b Kom	5c Kom	6 Vent
				1,2W/m <sup>2</sup> K	0,9W/m <sup>2</sup> K				HKK70VSD 1400rpm	XV5KX 1000rpm	XV5KX 1000rpm
Indv. ventilator	W	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	2,36
Vægge	W	20	16	20	20	16	20	20	20	20	20
Glasdør	W	17	17	14	11	11	17	17	17	17	17
Kuldebro	W	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	7,9	9,5	9,5	9,5	9,5
Luftskifte	W	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Lys	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator lys(tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	0
<b>Total fordampertilastning</b>	<b>W</b>	<b>54,48</b>	<b>50,48</b>	<b>51,48</b>	<b>48,48</b>	<b>44,48</b>	<b>52,88</b>	<b>54,48</b>	<b>54,48</b>	<b>54,48</b>	<b>49,02</b>
Effektforbrug		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	5a Kom	5c Kom	5c Kom	5c Kom
				1,2W/m <sup>2</sup> K	0,9W/m <sup>2</sup> K				HKK70VSD 1400rpm	XV5KX 1000rpm	XV5KX 1000rpm
Kompressor	W	22,3	20,7	21,1	19,9	18,2	21,7	22,0	18,2	13,37	12,03
Udv. Ventilator	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indv. ventilator	W	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	2,36
Styring	W	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Lys	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator lys (tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	0,7
Transformator udv. ventilator(tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Forbrug</b>	<b>W</b>	<b>31,82</b>	<b>30,22</b>	<b>30,62</b>	<b>29,42</b>	<b>27,72</b>	<b>31,22</b>	<b>31,52</b>	<b>27,72</b>	<b>22,89</b>	<b>16,79</b>
	<b>kWh</b>	<b>0,764</b>	<b>0,725</b>	<b>0,735</b>	<b>0,706</b>	<b>0,665</b>	<b>0,749</b>	<b>0,756</b>	<b>0,665</b>	<b>0,549</b>	<b>0,403</b>
<b>Besparelse</b>	<b>%</b>	<b>-</b>	<b>5,1</b>	<b>3,8</b>	<b>7,6</b>	<b>13,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>13,0</b>	<b>28,1</b>	<b>47,3</b>

Tabel 4-2 Resultaterne af beregningerne ved  $T_{ind}=12^{\circ}\text{C}$  og  $T_{ud}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{ford}=2^{\circ}\text{C}$   $T_{kond}=35^{\circ}\text{C}$ . I tabellen kan man i 3. kolonne se beregnede varmeindfald og elforbrug i den originale vinkøler, og derefter besparelser ved forskellige tiltag:

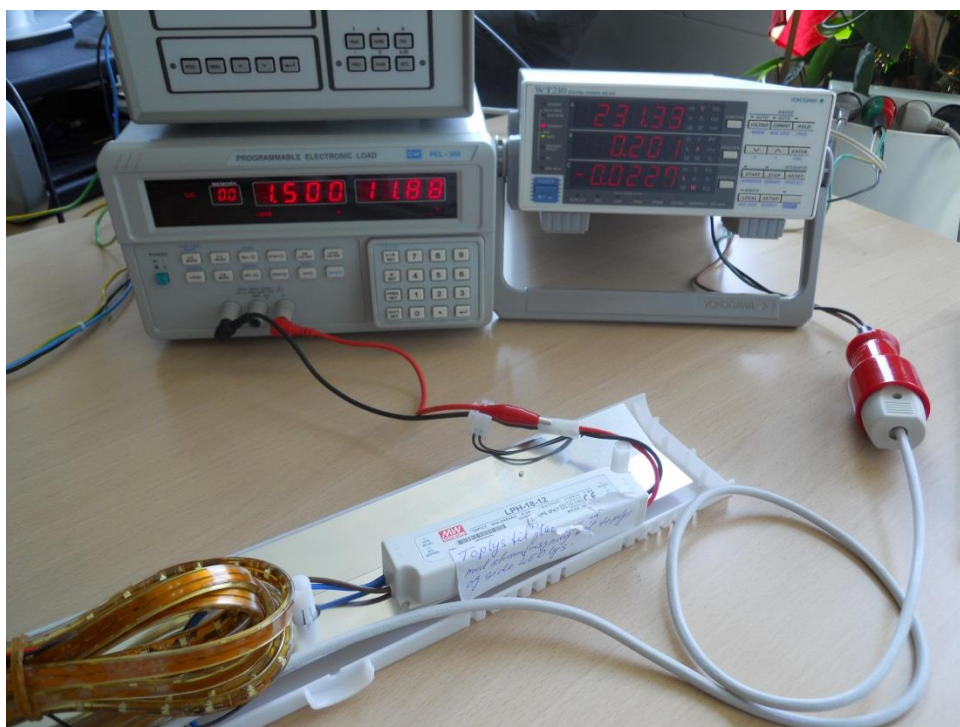


- 1. Væg: Forøgelse af isoleringstykkelse med 10 mm
- 2a: Brug af forbedret glasdør med  $U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  mod  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  i originalen
- 2b: Brug af 3-lags glasdør med  $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 3 liste: Brug af forbedret dørliste-design
- 5a Kom: Forbedring i kølesystem, som vil medvirke én grad højere fordampertemperatur og én grad lavere kondenseringstemperatur
- 5b kom: Brug af AA variable speed kompressor HKK70VSD
- 5c Kom: Brug af SECOP XV5KX (forbedringen vil være lidt bedre pga. dynamiske gevinster pga højere fordamper- og lavere kondenseringstemperaturer).
- 6 Vent: samtlige tiltag, som er medtaget i 0-serie-vinkølere som kom i field-test: én ventilator, normal 2-lags glasdør, ventilator-strømforsyning uden for kabinettet og SECOP XV5KX-kompressor

## 5 Laborrietest

I forbindelse med test af standard-vinkøleren blev der målt elforbrug af alle de betydende hjælpekomponenter, og måleværdierne af disse indgår i beregningsprogrammet, som er beskrevet i forrige kapitel. Målingerne er i detaljer beskrevet i Appendix C - Test af forskellige komponenter.

I Appendix D - Forslag til forbedringer er beskrevet forslag til forbedringer af disse hjælpefunktioner, blandt andet at placere strømforsyninger og styring udenfor kabinettet og at benytte switch mode strømforsyninger i stedet for de ineffektive normale strømforsyninger. Resultaterne af disse overvejelser indgår ligeledes i beregningsprogrammet og de forbedringsberegninger, som er udført i kapitel 4.



Figur 5-1 Måleopstilling med transformere tilsluttet til elektronisk belastning

### Test af standard-vinkøler

Vestfrost solutions fremsendte en standard-vinkøler med en "Bosch"-glasdør, dvs. den udgave af vinkøleren, som bliver leveret til Bosch.

Vinkøleren blev opstillet til test på Teknologisk Institut, Taastrup i kølelaboratoriet i et af de klimakamre, hvor der foregår akkrediterede test af husholdningskølemøbler.

Denne vinkøler vil i de kommende måneder gennemgå nogle ændringer og der vil blive gennemført en lang række test af energiforbrug og test af temperaturfordeling bl.a. med køleren fyldt med vinflasker.



Figur 5-2: Standard-vinkøler placeret i udstilling hos Vestfrost Solutions i Esbjerg. Personerne er (fra venstre, foroven) Emil Jacobsen og Marcin B Andreassen, Teknologisk Institut og Bent Christensen, Vestfrost Solutions

Energitest af vinkølere udføres efter EN15502 i klimakammer på Teknologisk Institut i Taastrup. Klimakammer og måleudstyr er akkrediteret.

Under energitesten skal der være +12 C i gennemsnit inde i køleskabet og +25 C i omgivelserne.



Der er tre målepakker i køleskabet under testen, der er tale om 0,5 kg testpakker med et termoelement i midten.

Der blev undervejs i forløbet også placeret termoelementer på fordampner og kondensator for at analysere tilstande i kølesystemet og muligheder for yderligere energibesparelser.

Der blev i alt gennemført 10 test med vinkøleren: test af standard-skabet og yderligere 9 test med forskellige forbedringer, og alle resultater er gengivet i appendiks E.

Man kan enten køre én-zone drift eller to-zone drift med vinkøleren. Én-zone drift vil betyde, at der er ca. 12°C overalt i vinkøleren, To-zone-drift betyder, at der i gennemsnittet vil være +12°C i vinkøleren, f.eks. +6°C fornedet i skabet og +18°C foroven. Der er to temperaturfølere i skabet, og styringen kan indstilles vha. to temperatur-indstillinger.

Ved to-temperatur-indstillingen vil naturlig konvektion og tempertur-lagdeling kunne skabe et temperaturglid mellem top og bund, og ventilatoren vil praktisk talt ikke køre. Dette vil medføre reduceret energiforbrug til ventilator og reduceret varmeflow igennem glasruden. Til gengæld bliver varmeovergangstallet ved fordampern dårligere sammenlignet med en tilstand, hvor ventilatoren kører. For standard-vinkøleren er det en fordel med to-temperatur-zone, og energiforbruget er mindst for denne temperaturindstilling.

For den endelige færdige prototype er det modsatte tilfældet. Her overskygger fordelene ved ventilatorens drift det tab, som kommer med ventilatoren selv + det forøgede varmeflow igennem glasrude + isoleringen i væggene.

### Test 1: Baseline

Til etablering af en baseline blev der i maj/juni 2011 foretaget flere forskellige test af vinkøleren i et klimalaboratorium, både i enkelt- og tozone temperaturindstillinger med følgende resultater:

#### Energitest enkeltzone, baseline

Energiforbrug	[kWh/24 h]	0,734 (Baseline reference enkeltzone)
Relativ gangtid		-
Energy efficiency index		85,8
Energiklasse		”C”
Omgivelsestemperatur	[°C]	25

#### Energitest tozone, baseline

Energiforbrug	[kWh/24 h]	0,631 (Baseline reference tozone)
Relativ gangtid		-
Energy efficiency index		73,7
Energiklasse		”B”
Afvigelse fra baseline	[%]	- 14
Omgivelsestemperatur	[°C]	25



Figur 5-3: I denne test er vinkøleren fyldt med 198 vinflasker med vand for at se, om skabet kan holde temperaturerne under drift (test 5). I denne test er omgivelsestemperaturen 43°C. Vinkøleren kunne holde temperaturen indenfor tolerancerne ( $\pm 4K$ ) med én ventilator. Foto fra klimakammer på Teknologisk Institut



		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 6	Test 7	Test 9
		Baseline	Trafo	Styring + ventilator	3-lags glasdør	ACC	SECOP XV5K	Ny XV5K styring
<b>Energiforbrug</b>	[Wh/24t]	734	653	599	526	545	335	388
<b>EEI</b>	[-]	85,8	76,3	70	61,5	63,7	39,1	45,3
<b>Forbedring ift. baseline</b>	[%]	0	-11	-18,4	-28,3	-25,8	-54,4	-47

		Test 10
		Alle forb.
<b>Energiforbrug</b>	[Wh/24t]	275
<b>EEI</b>	[-]	32,1
<b>Forbedring ift. baseline</b>	[%]	-62,5

Tabel 5-1: Oversigt over alle testresultater med +12°C/+12°C indstilling

Som det fremgår af ovenstående tabel og Appendix E - Den samlede testrapport fra lab-test på TI, er besparelsen ca. 47 % med alle tiltag, på nær 3-lags-glasrude. Hvis yderligere 3-lags glasrude monteres bliver besparelsen hhv. 54,4 % og 62,5 %.

I den senere field-test benyttes ”kun” 2-lags glas, da Vestfrost vurderede at 3-lagsruden vil være urealistisk på grund af vægt og tykkelse.

## 6 Produktion af 0-serie til field-test

Vestfrost forberedte i slutningen af 2012 produktion af 10 enheder med forbedringstiltag. De fremstillede 0-serie-enheder var magen til prototypen i test 9, bortset fra, at strømforsyningen til lys er placeret inde i køleskabet, men det er til gengæld en switch-mode strømforsyning. SECOP leverede i januar 2013 de ti kompressorer, og produktionen fandt sted i starten af marts 2013. I forvejen var måleudstyr klargjort, og placeret i ”fodsparket” til vinkølerne (se kapitel 7), og fodsparket blev placeret mens skabene befandt sig på samlebåndet i forbindelse med produktionen.

På de næste to sider er fotos fra produktionen af de 10 nye vinkøleskabe.





Figur 6-1: Foroven: Produktion af en af de 10 nye vinkølere. Der er mange folk involveret med at følge de 10 kølere langs samlebåndet hos Vestfrost solutions. Her bliver inder- og yderkabinet samlet før opskumning med isolering.  
Forneden, tv: montage af fordamper i inderkabinet. TH: Lodning af kølerør til studs på kompressor.



Figur 6-2: Montage af den nye SECOP XV5XK-kompressor i vinkøleskabet. Har ses det tydeligt, hvor lidt den fylder. Der er potentiale til at udnytte en stor del af kompressorummet til at forøge nettovolumen af køleskabet. Kompressoren fik hurtigt kælenavnet ”Skildpadden” af medarbejderne på fabrikken



Figur 6-3: montage af den elektroniske styreenhed til kompressoren

## 7 FIELD TEST

Dette kapitel indeholder en beskrivelse af udførelsen og resultaterne fra fieldtesten af Vestfrost Solutions vinkølere. Fieldtesten har fundet sted i perioden fra februar 2013 til oktober 2013. Perioden indeholder aktiviteterne fra klargøring af måleudstyr, opsætningen af skabene hos brugerne, til sidste aflæsning af det påmonterede måleudstyr. Statusrapporter fra fieldtesten ses i Appendix I – Field Test Statusrapporter.

I testen har der indgået 8 skabe af ny generation med Secop kompressor og 8 referencemodeller. Der har været to private placeringer for både Secop-modellerne og referencemodellerne. De resterende seks skabe i hver kategori, har været placeret i kommercielle virksomheder indenfor vinhandel, hotelvirksomhed og restauration. Placeringerne er vist i Tabel 7-1: Placeringerne af skabe i fieldtesten. Alle apparater er opstillet i Esbjerg-området.

Derudover har Teknologisk Institut et nyt apparat gennemgået i en række test i laboratoriet og Vestfrost Solutions har det sidste nye apparat.

	Reference		Secop-model	
Kommercielle	Dronning Louise 1	Restauration	Dronning Louise 2	Restauration
	Dronning Louise 3	Restauration	Dronning Louise 4	Restauration
	Vinoble 2	Vinhandel	Vinoble 1	Vinhandel
	Aakjær 2	Vinhandel	Aakjær 1	Vinhandel
	Skjold Burne 2	Vinhandel	Skjold Burne 1	Vinhandel
	Hjerting Badehotel	Hotel/Restauration	Buenos Aires	Restauration
Private	LB		AL	
	MBJ		PK	

Tabel 7-1: Placeringerne af skabe i fieldtesten. Alle apparater er opstillet i Esbjerg-området.

Igennem testperioden er der foretaget seks aflæsninger af måleudstyret. De to første aflæsninger forekom med kort interval, for at imødekomme eventuelle opstartsfejl i testen. Efterhånden som testen kom i gang, blev aflæsningsperioderne længere, dog begrænset af temperaturloggernes lagerkapacitet. Målingerne er foretaget af Teknologisk Institut, med assistance fra køleingeniør Bent Christensen fra Vestfrost Solutions.



Figur 7-1: Teknologisk Institut på aflæsningsrunde hos Skjold Burne vinhandel. På billedet ses Frederik Bramsen, som har foretaget aflæsning af vinkølerne

## 7.1 Måleudstyr

Følgende udstyr er brugt under fieldtesten

- Energimålere: Til måling af vinkølerens samlede energiforbrug
- Temperatur loggere: Logning af to temperaturer i skabet og omgivelsernes temperatur for at dokumentere lastsituationerne for de forskellige skabe.
- Timetællere: To timetællere er benyttet til at måle den samlede driftstid, samt hvor længe i field testen lyset har været slået til.
- Dørtæller: En magnetisk dørtæller er benyttet til at opfange antallet af døråbninger. Det gøres for at dokumentere det daglige brug af skabet.



Figur 7-2: Timetællere, Logger til omgivelsestemperaturen og energimåler placeret i fodsparket.

### 7.1.1 Energimålerne

For at måle energiforbruget benyttes en energimåler som ses på nedenstående billede.

Energiforbruget aflæses manuelt på displayet. Vi havde energimålere til rådighed med schuko stik.



De blev placeret mellem stikkontakten og vinkølerens egen strømforsyning.

Startværdien aflæses og differensen fra måling til måling udregnes.

Energimålerens dimensioner er på cirka: 55x60x80 mm

Figur 7-3: Energimåleren benyttet i fieldtesten



## Projektrelaterede labels (Vinkøler):

Energimåleren er udstyret med en label efter den vinkøler den hører til fra 1 til 20.

### 7.1.1.1 Kalibrering

Tjek af energimålerens nøjagtighed er udført ved følgende procedure.

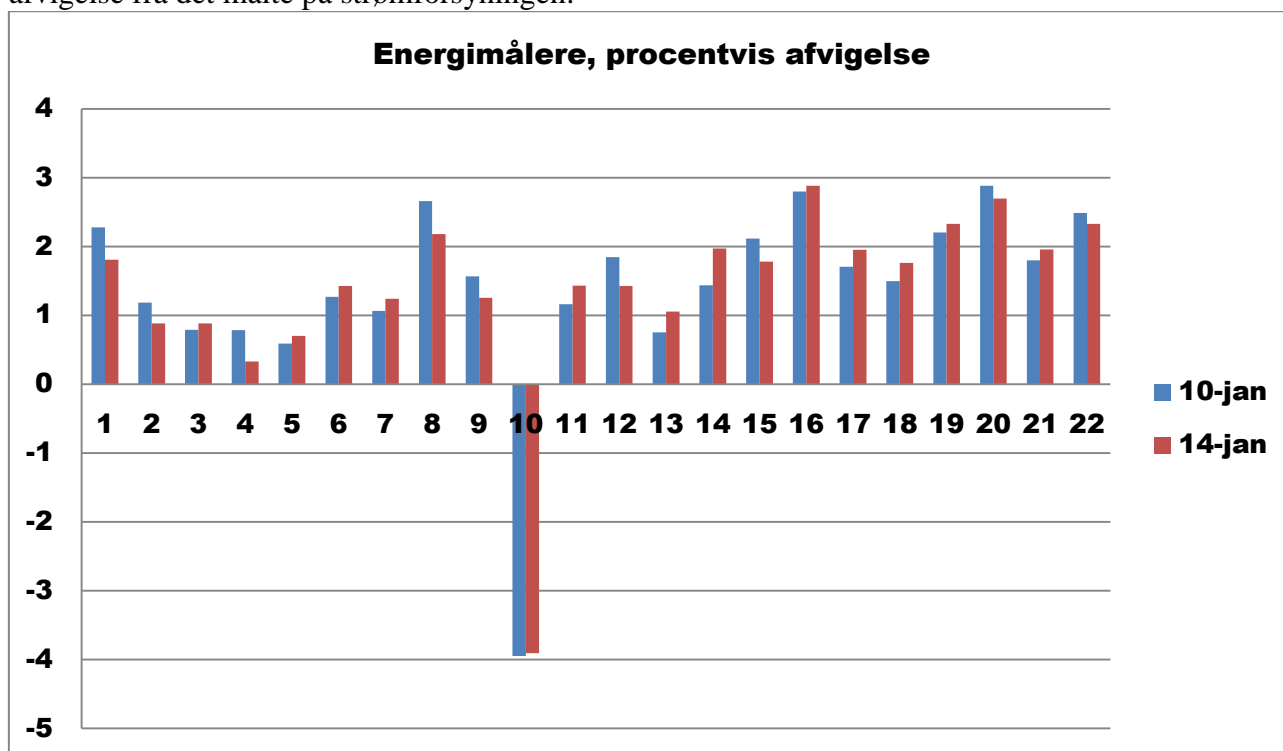
1. Måling af deres respektive egetforbrug
2. Måling af energiforbruget, hvor de er sat i serie med en modstand. Samtidig måles de aflæste energimålinger på hvert enkelt instrument.
3. Til sidst beregnedes den procentvise afvigelse og det blev vurderet hvilke energimålere som skulle indgå i projektet.

Det skal nævnes at vi inden ovenstående procedure blev påbegyndt, tjekkede en energimålers funktion ved måling af vinkøleren (Variable Speed Compressor) og den stemte godt overens med det målte på strømforsyningen. Nedenstående data blev opsamlet ved det lille forsøg:

- Vinkølerens samlede forbrug målt på strømforsyningen: 1274,81 Wh
- Forbruget målt med energimåleren: 1200 Wh (aflæst start og slut henholdsvis: 1027,5 kWh og 1028,7 kWh)

### 7.1.1.2 Resultater (energimåler)

Vi har lavet to testperioder fra d. 9/1 til d. 10/1 og fra d. 10/1 til d.14/1. Udregningerne og yderligere information kan ses i Appendix G - Energimåler test. Energimålerens procentvise afvigelse fra det målte på strømforsyningen er vist i Figur 7-5: Energimålerens procentvise afvigelse fra det målte på strømforsyningen.



Figur 7-5: Energimålerens procentvise afvigelse fra det målte på strømforsyningen



På baggrund af grafen, udelukkede vi logger nr. 10, da den lå signifikant andelede end de resterende målere. Derudover fravalgtes energimåler 16, da de andre har vist mere præcise måleresultater. De udvalgte målere viser en acceptabel afvigelse på maksimalt et par procent, og i gennemsnit er afvigelse på de 20 valgte på 1,57 procent.

### 7.1.2 Temperatur loggere

Gemini Tinytag temperaturloggerne er blevet klargjort i køle og varmepumpetekniks afdeling i Tåstrup.

For at holde styr på Tinytag loggerne i fremtiden og ikke mindst de batterier, der løbende vil blive udskiftet til fremtidige projekter, har vi lavet følgende procedure:

Batterierne påstås at have 2 års levetid. Førhen har vi købt nyt batterisortiment ved start af et nyt projekt. For at undgå at skulle skifte batterier ud hele tiden (og smide batterier ud med 1,5år tilbage) er følgende mærke påklippet hver tinytag filmrulle (**Batteristatus og kontakt information**):



Her ses det hvornår batteriet er blevet sat i brug (Januar 2013) og kontakt information til Teknologisk Institut, Energi og Klimas reception (hvis loggeren forsvinder under fieldtests). Denne label skal opdateres og påklippes når et nyt batteri sættes i. Ydemere skal det opdateres i "Tinytag Status" Excel ark når en logger ikke længere er funktionsdygtig. Loggerne er registreret ud fra deres serienummer.

#### Projektrelaterede labels (Vinkøler)

Eksempel: Denne nummerering er påklippet 60 tinytag loggere til fieldtest af vinkølere. Det første tal definerer vinkølerens projektnummer (1-20) og det næste tal kan variere fra T1, T2 til T3 og definerer hvilken temperatur der måles.

1 - T1

- T1 er temperaturloggeren placeret udenfor vinkøleren til måling af omgivelsernes temperatur..
- T2 er temperaturloggeren placeret nederst i vinkøleren.
- T3 er temperaturloggeren placeret øverst i vinkøleren.

Et stort antal Tinytag loggere har været funktionstjekket og kalibreret, se Appendix H - Temperaturlogger test.

Testen af temperaturloggerne blev udført ved hjælp af reference temperaturloggeren RS 1316. I samme køleskab blev loggerne testet med referenceloggeren vedlagt.

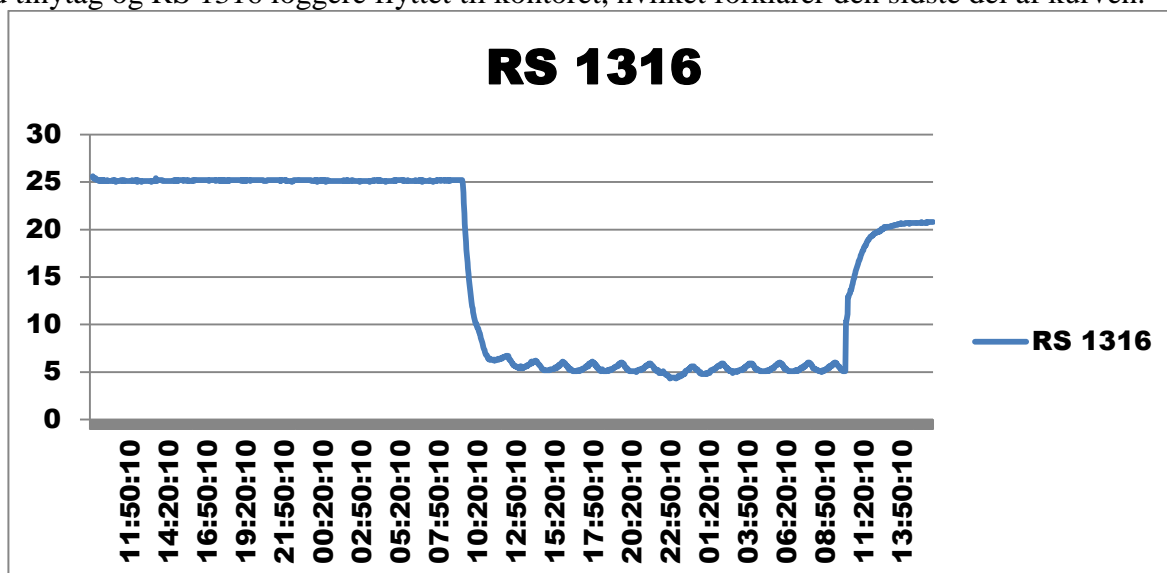


Figur 7-7 : Kasse med tinytag loggere

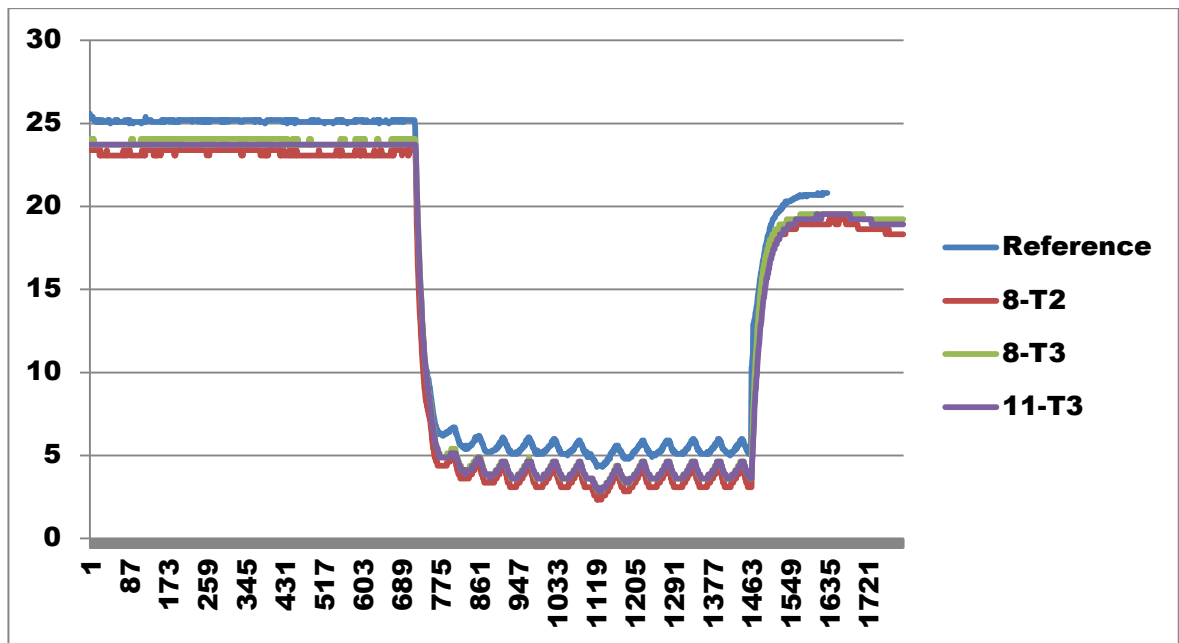


Figur 7-6 : RS 1316 Reference temperatur, elektronisk instrument til måling af temperatur.

Nedenstående figur viser referencetemperaturen som tinytag-loggerne blev vurderet ud fra. Temperaturen ses at ligge stabilt omkring de 25°C i klimakammeret. I køleskabet svinger temperaturen omkring de 5°C og har en tendens til at ligge lidt herover. Efterfølgende blev kassen med tinytag og RS 1316 loggere flyttet til kontoret, hvilket forklarer den sidste del af kurven.



Figur 7-8 : Temperaturmålingen for reference loggeren RS1316, i testen af tinytag loggerne



Figur 7-9: Kasserede tinytag loggeres temperaturmålinger sammenlignet med referenceloggeren

Alle loggere på ovenstående graf blev kasseret.

#### Konklusion

Selvom der er en vis afvigelse fra reference-loggeren når der sker store temperaturspring (forskellig reaktionstid), vurderes det at loggerne vil være fine for vinkølerprojektet og andre field tests, hvor de ønskede målinger ikke vil variere voldsomt.

Vi har kasseret 4 loggere med serienumre: 149675, 149686, 149674 og 149692 fordi afvigelsen ved konstant omgivelsestemperatur er  $\geq 0,5$  °C.

Vi har godkendt 81 loggere efter denne lille test da deres afvigelse fra referenceloggeren ved konstant omgivelsestemperatur er  $< 0,5$  °C.





## 7.2 Måleresultater

Skabene i fieldtesten blev opsat i dagene d.19-22. marts 2013. Den første aflæsning af det påmonterede måleudstyr blev foretaget ved opstillingen af skabene. Derefter blev fem aflæsningsrunder foretaget, med den sidste aflæsning den 14. september 2013.

Målingerne har givet skabenes energiforbrug (kWh), tid for tændt lys (timer), samlet driftstid (timer), antal døråbninger, opfyldning af skab (vurderet ved aflæsningen fra skala 0-3), omgivelsestemperaturen og to temperaturmålinger inde i kabinettet (oppe og nede). Aflæsningerne ses i Appendix J – Aflæsninger.

De fem aflæsninger har dannet baggrund for fire perioder med løbende analyser i form af statusrapporter (Se Appendix I – Field Test Statusrapporter).

De samlede måleresultater for hele fieldtest perioden ses i nedenstående afsnit for reference modellerne og Secop modellerne. I tabellerne ses gennemsnits temperaturforskellen mellem omgivelserne og den laveste temperatur i kabinettet. Yderligere ses antallet af timer lyset har været tændt per døgn, åbninger per døgn, fyldning og det deraf resulterende energiforbrug per døgn. Værdien ”Uden lys” angiver energiforbruget, når energiforbruget for lys er modregnet, hvilket er beskrevet i fieldtest statusrapporterne.

### 7.2.1 Reference model

Reference	T1-T2 middel	Lys/d	Åbninger/ d	Fyldnin g	Energi/d [kWh/d]	Uden lys
Dronning Louise 1	16,728	0,754	1,040	2	0,811	0,802
LB	12,639	0,005 24,00	0,913	3	0,388	0,388
Vinoble 2	12,995	0 24,00	0,636	2	0,656	0,381
Aakjær 2	5,910	0 22,43	0,834	0	0,564	0,289
Skjold Burne 2 Hjerting	13,658	4	0,265	1	0,601	0,344
Badehotel	19,315	0,012	5,552	2	0,681	0,681
Dronning Louise 3	7,698	0,011	2,963	3	0,265	0,265
MBJ	8,169	0,142	0,504	3	0,360	0,359

Tabel 7-2: Reference modellernes last og energiforbrug

Det private skab MBJ, er blevet flyttet til en anden husstand under fieldtesten. Skabet Aakjær 2 hos vinhandleren Aakjær er også flyttet under fieldtesten. Derudover har skabene hos Skjold Burne været slukket i to kortere perioder. Ændringerne har dog været så kortvarige, at måledata stadig kan benyttes.



## 7.2.2 Ny generation, Secop model

Secop	T1-T2 middel	Lys/d	Åbninger/ d	Fyldning	Energi/d [kWh/d]	Uden lys
Dronning Louise 4	16,964	0,008 24,00	2,436	2	0,433	0,433
Vinoble 1	13,589	0 23,95	1,711	3	0,224	0,074
Skjold Burne 1	11,540	0 24,00	0,435	1	0,319	0,170
Aakjær 1	11,478	0	1,030	1	0,317	0,168
Buenos Aires	9,524	4,301	3,883	2	0,187	0,160
AL	8,877	0,255	1,509	2	0,235	0,234
Dronning Louise 2	5,890	0,013	3,294	2	0,120	0,120
PK	16,418	0,006	1,886	1	0,389	0,389

Tabel 7-3: Secop modellernes last og energiforbrug

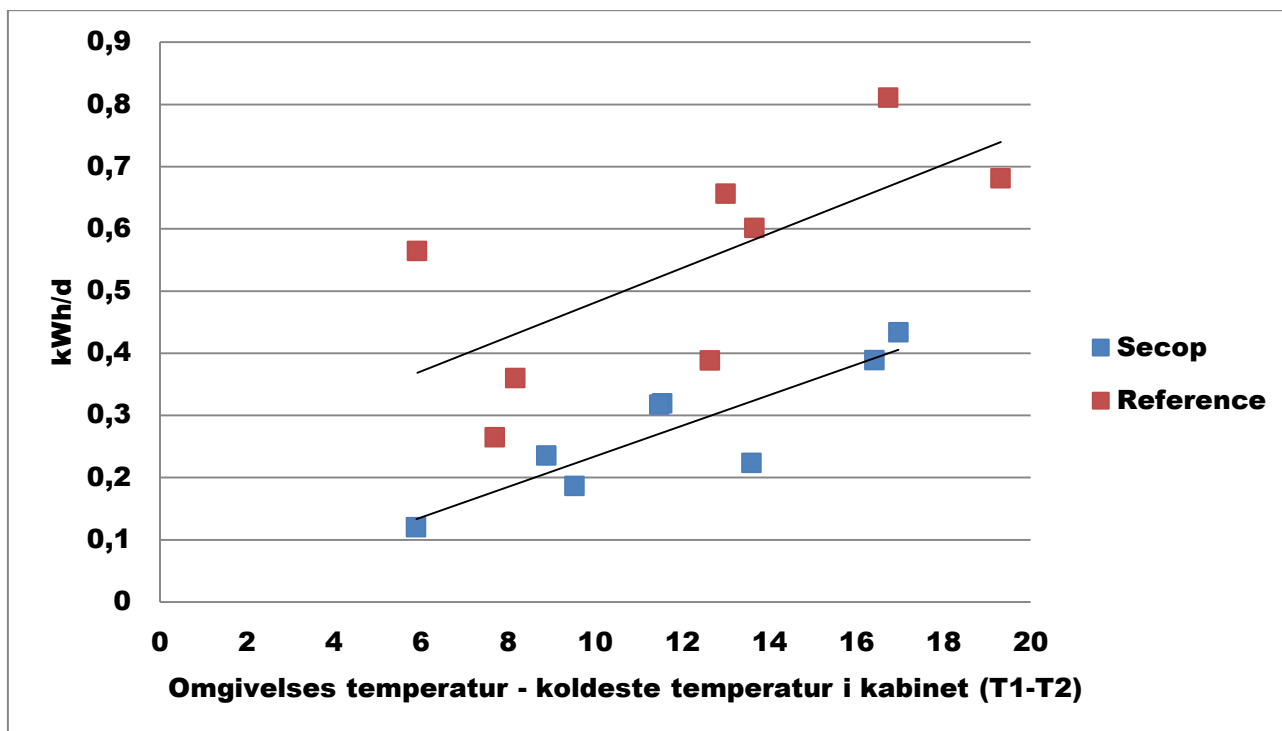
Vinoble 1 er blevet flyttet til en ny butik. I samme periode er energimåleren blevet defekt, måske på grund af, at en elektriker har ”pillet ved” ledningerne i forbindelse med flytningen. Derfor er den model ikke medtaget i de sidste analyser og statusrapporter som er lavet siden fjerde aflæsningsrunde.

## 7.3 Analyse

I dette afsnit bliver hovedresultaterne for analyserne fra fieldtesten præsenteret.

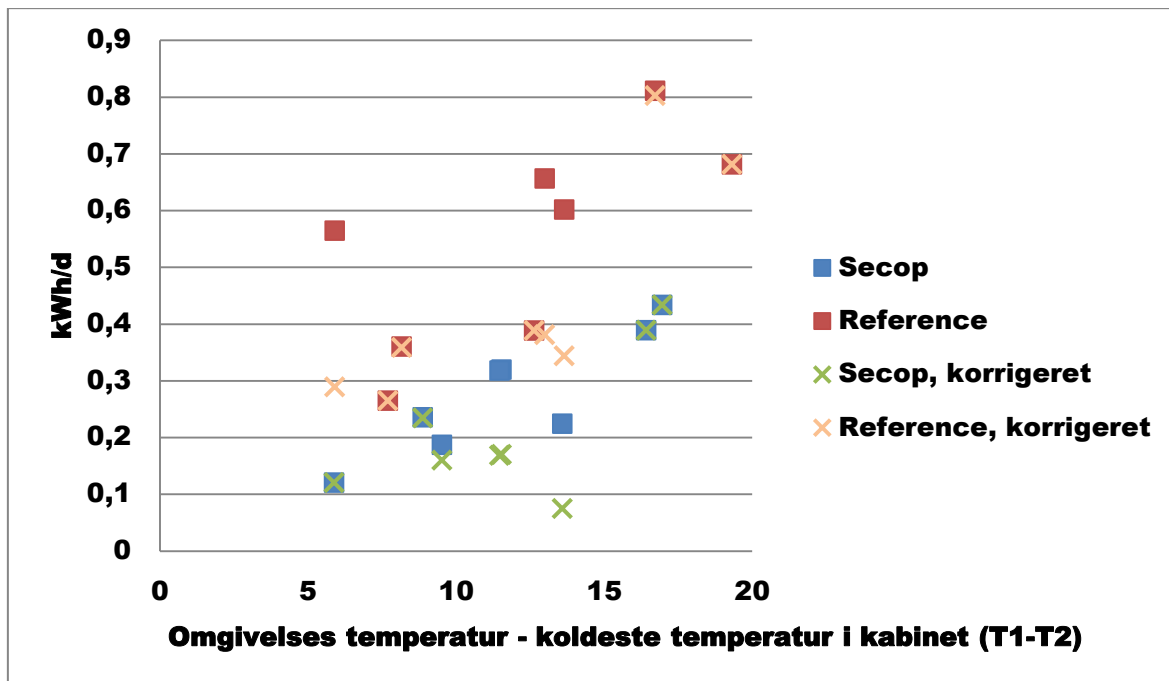
### 7.3.1 Temperaturlast

Energiforbruget som funktion af temperaturforskellen mellem omgivelsestemperaturen og den koldeste temperatur i kabinettet er vist på nedenstående figur. Tendensen er som forventet med et højere energiforbrug for referencemodellerne og stigende forbrug med større temperaturforskel.



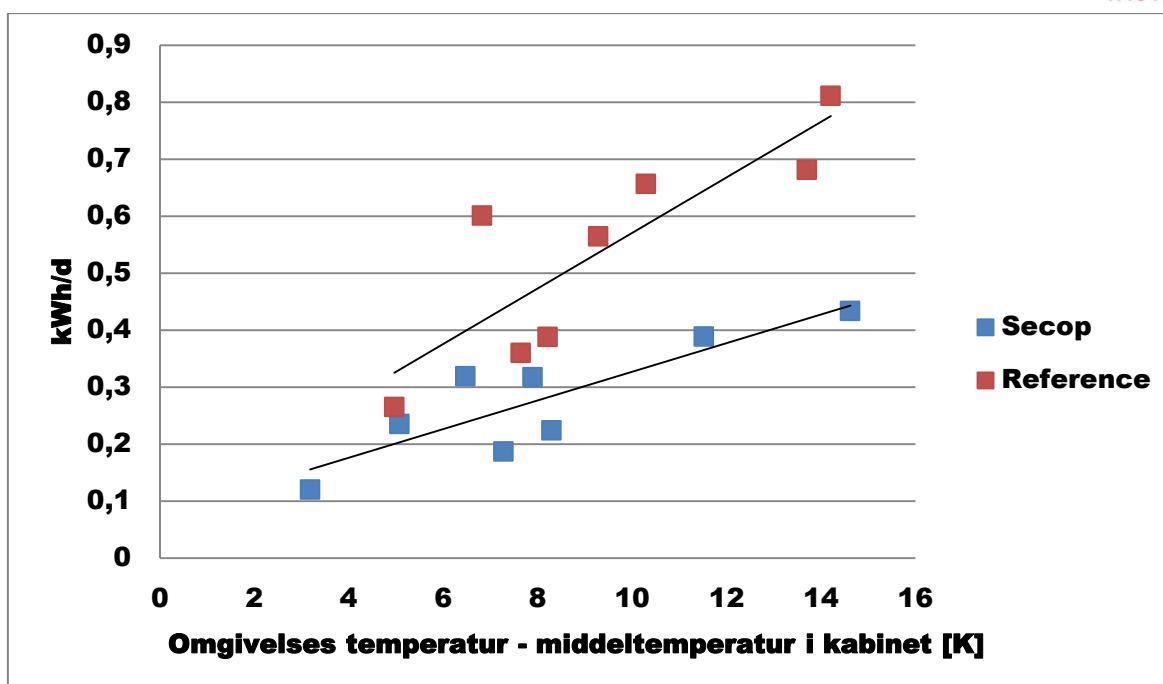
Figur 7-10: Temperaturforskellen mellem omgivelserne og den koldeste temperatur i kabinettet versus energiforbrug (for hele fieldtesten)

I fieldtesten har brugeren selv justeret om de ønsker tændt lys og hvilke værdier de ønsker for sætpunkterne inde i kabinettet. Derfor er der opstillet en model, som tager højde for den variation der kan være af lysindstillingerne (konstant slukket eller tændt lys). For referencemodellen er en effekt på lyset på 8,5 watt og COP på 2,85 benyttet. For secop-modellerne er lysets effekt 4,97 W og COP er 3,97. Det er antaget at hele lysets effekt afgives i vinkølerens kabinet og giver større kølebehov. Det ses på nedenstående figur. Figur 7-11: Energiforbrug versus temperaturforskellen mellem koldeste temperatur i kabinet og omgivelserne. De korrigerede værdier, henviser til korrektionen for lyset. Et estimeret energiforbrug for lyset er fratrukket det målte energiforbrug i fieldtesten. Der er stor forskel på brugernes valg af lysindstilling. Tendensen er stadig den forventede, med et større energiforbrug per døgn for referencemodellerne.



Figur 7-11: Energiforbrug versus temperaturforskellen mellem koldeste temperatur i kabinet og omgivelserne. De korrigerede værdier, henviser til korrektionen for lyset. Et estimeret energiforbrug for lyset er fratrukket det målte energiforbrug i fieldtesten

For at imødekomme variationen i sætpunkterne, er en gennemsnitlig temperaturforskel inde i kabinettet fratrukket omgivelsernes temperatur og brugt til at vise energiforbruget. Det har ingen indflydelse på energiforbruget, men vil imødekomme variationen af sætpunkterne ved sammenligning af skabene.



Figur 7-12: Energiforbrug versus temperaturforskellen mellem omgivelsernes temperatur og middeltemperaturen inde i skabet

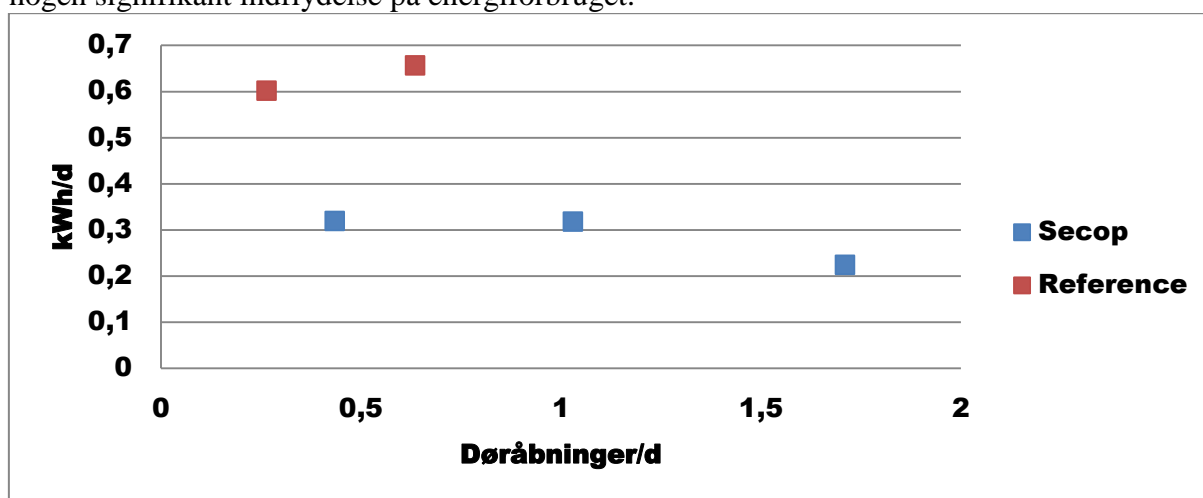
Secop	$T1-(T2+T3)/2$
Dronning Louise 4	14,63
Vinoble 1	8,30
Skjold Burne 1	6,47
Aakjær 1	7,89
Buenos Aires	7,28
AL	5,07
Dronning Louise 2	3,18
PK	11,53
Reference	$T1-(T2+T3)/2$
Dronning Louise 1	14,21
LB	8,22
Vinoble 2	10,30
Aakjær 2	9,28
Skjold Burne 2	6,82
Hjerting Badehotel	13,70
Dronning Louise 3	4,97
MBJ	7,65

Tabel 7-4: Forskellen mellem omgivelsernes temperatur og middeltemperaturen inden i skabet for hele fieldtesten

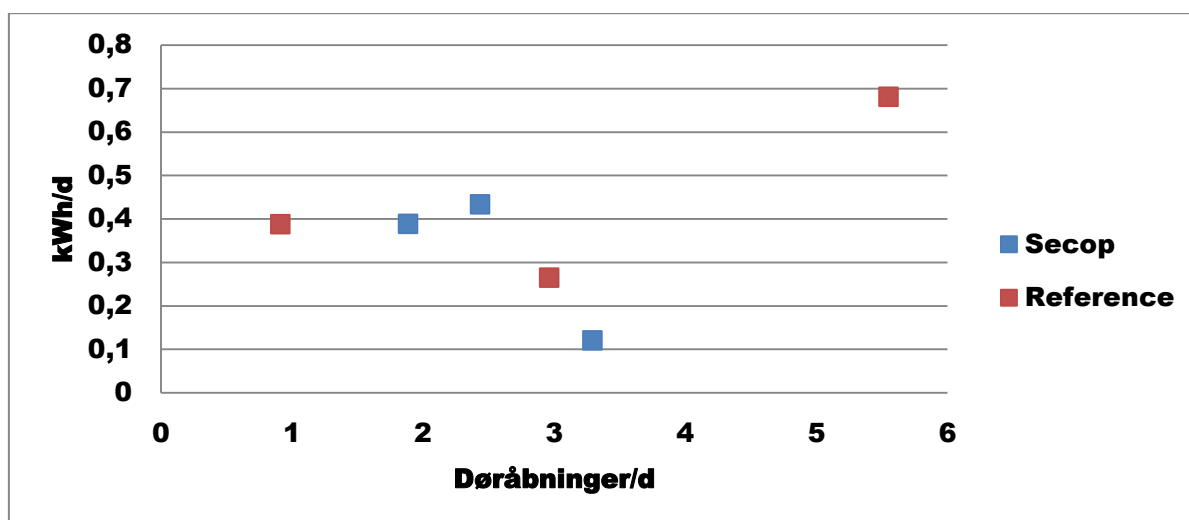
### 7.3.2 Døråbninger versus energiforbrug

Når alle fieldtest skabe bliver sammenlignet, kan der ikke siges at være en signifikant sammenhæng mellem døråbninger og energiforbrug.

Sammenlignet med andre køleskabe, bliver vinkølerne åbnet langt mindre. Derfor bliver betydningen af døråbningerne meget mindre sammenlignet med andre faktorer som har indflydelse på skabets last. På Figur 7-14 ses det at punkterne omkring 3 døråbninger per dag ligger meget lavt i energiforbrug. De to skabe har meget fordelagtige sætpunkter (18-18 og 18-15) sammenlignet med de resterende skabe og der bør ses bort fra dem når der kigges på døråbningerne. Den nødvendige opdeling i grupper med lys tændt eller slukket og variationerne i sæt-punkter, giver denne analyse et spinkelt grundlag. Sammenlagt kan konkluderes, at døråbninger for disse vinkølere i testen ikke har nogen signifikant indflydelse på energiforbruget.



Figur 7-13: Energiforbrug som funktion af døråbninger, for skabe med lyset tændt



Figur 7-14: Energiforbrug som funktion af døråbninger, for skabe med lyset slukket

### 7.3.3 Energibesparelse

#### 7.3.3.1 Gennemsnitsbesparelsen

Et gennemsnit for energibesparelsen over hele fieldtestens periode bliver nu opstillet. Det er et groft estimat på besparelsen, da måledata er baseret på de forskellige lastsituationer valgt af brugeren og ikke nødvendigvis er ligeligt fordelt mellem referenceskabe og ny generations Secop-skabe.

Tabel 7-5 og 7-6 viser energibesparelsen med og uden korrektion for lys. Det ses at der ved SECOP-modellerne er en signifikant besparelse i forhold til reference-modellerne med 45 – 47 % besparelse.

Med lys	kWh/d	Besparelse
<b>SECOP</b>	0,2858	
<b>REFERENCE</b>	0,5409	<u>47,15%</u>

Tabel 7-5: Gennemsnitlig energibesparelse, uden korrektion for lys

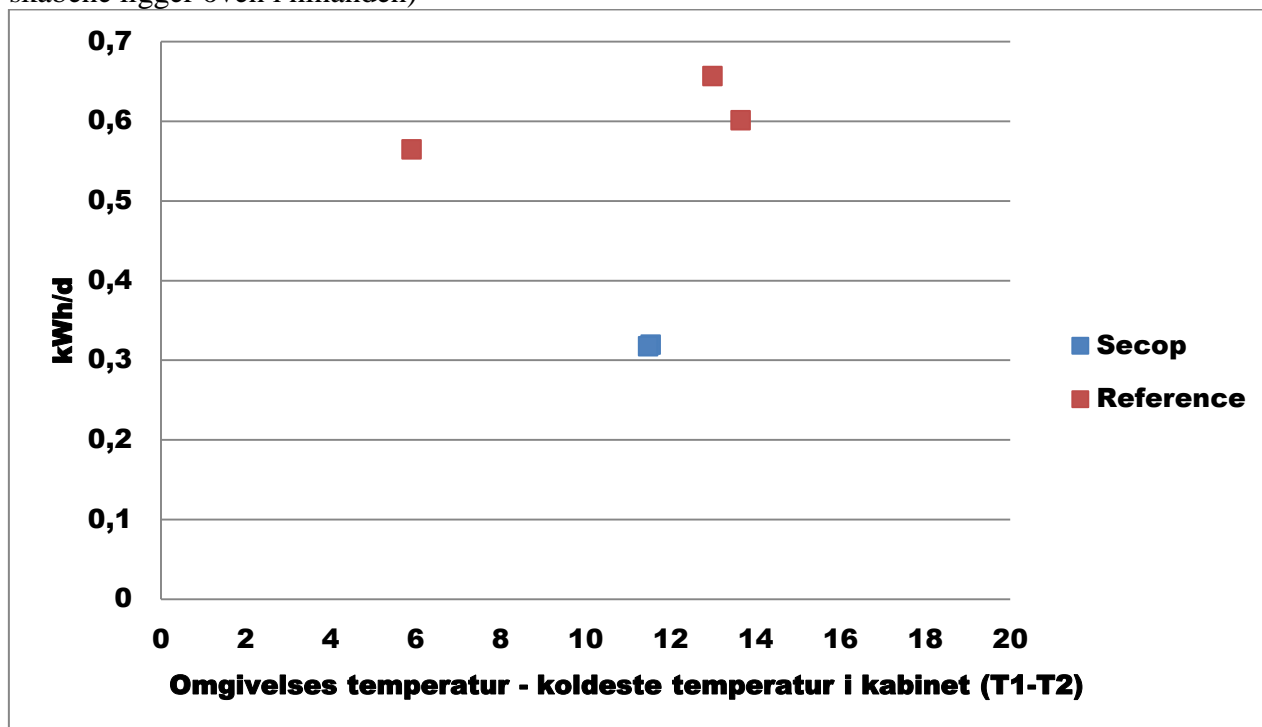
Uden lys	kWh/d	Besparelse
<b>SECOP</b>	0,2391	
<b>REFERENCE</b>	0,4385	<u>45,45 %</u>

Tabel 7-6: Gennemsnitlig besparelse, med korrektion for lys

#### 7.3.3.2 Direkte sammenlignelige skabe

##### 7.3.3.2.1 Modeller med konstant tændt lys

Modeller som tilnærmelsesvist konstant har brugt lys, er vist nedenfor. (To punkter for Secop-skabene ligger oven i hinanden)





Figur 7-15: Skjold Burn 1 og 2 ses til venstre og Vinoble 1 ses til højre



Figur 7-16 – Vinoble 2 ses til venstre og Aakjær 1 ses til højre

Nedenstående figur viser energibesparelsen for skabene som har haft lyset tændt hele tiden. Individuelle sammenligninger og den gennemsnitlige besparelse er vist. Temperaturforskellen mellem den laveste temperatur og omgivelserne, ses at være nogenlunde ens på grafen. Et





referencepunkt har dog en noget lavere temperatur. De to punkter for den nye generations skabe ligger oven i hinanden og derfor kan der ikke laves en tendenslinje til analysen.

Reference	Secop	Besparelse (%)
Vinoble 2	Skjold Burne 1	51,40
Vinoble 2	Aakjær 1	51,64
Skjold Burne 2	Skjold Burne 1	46,94
Skjold Burne 2	Aakjær 1	47,21
Aakjær 2	Skjold Burne 1	43,47
Aakjær 2	Aakjær 1	43,76
Middelværdi		47,40%

Tabel 7-7: Energibesparelse, ved konstant lys. Skabe er sammenlignet parvis

Det skal bemærkes at Secop-modellerne generelt har haft flere døråbninger end reference skabene. Til gengæld ses det i Tabel 7-8.

Secop	$T1-(T2+T3)/2$
Skjold Burne 1	6,47
Aakjær 1	7,89
Reference	$T1-(T2+T3)/2$
Vinoble 2	10,30
Aakjær 2	9,28
Skjold Burne 2	6,82

Tabel 7-8: Forskellen mellem omgivelsernes temperatur og gennemsnitstemperaturen i kabinettet

### 7.3.3.2.2 Modeller med konstant slukket lys

Testskabe som tilnærmelsesvist ikke har haft lyset slået til er vist på Figur 7-19. Billeder af skabene er vist nedenfor. Skabene for ny generation Secop-modeller er Dronning Louise 4, Dronning Louise 2 og det private skab PK. Reference-skabene er Hjerting Badehotel, Dronning Louise 3 og det private skab LB.

I tabel Tabel 7-9: Gennemsnit besparelse, for modeller med slukket lys

ses den gennemsnitlige besparelse at være 29,37 procent for hele fieldtest perioden. I forhold til besparelse med lyset tændt (47 %), ses det at besparelse er lavere.



Figur 7-17: Skabene hos Dronning Louise ses på figuren til venstre. Skabet hos Hjerting Badehotel ses til højre



Figur 7-18: LB referenceskabet ses til venstre og det private skab PK ses til højre, fra første runde

	kWh/dag	Besparelse (%)
Secop	0,31415	
Reference	0,44478	29,37

Tabel 7-9: Gennemsnit besparelse, for modeller med slukket lys

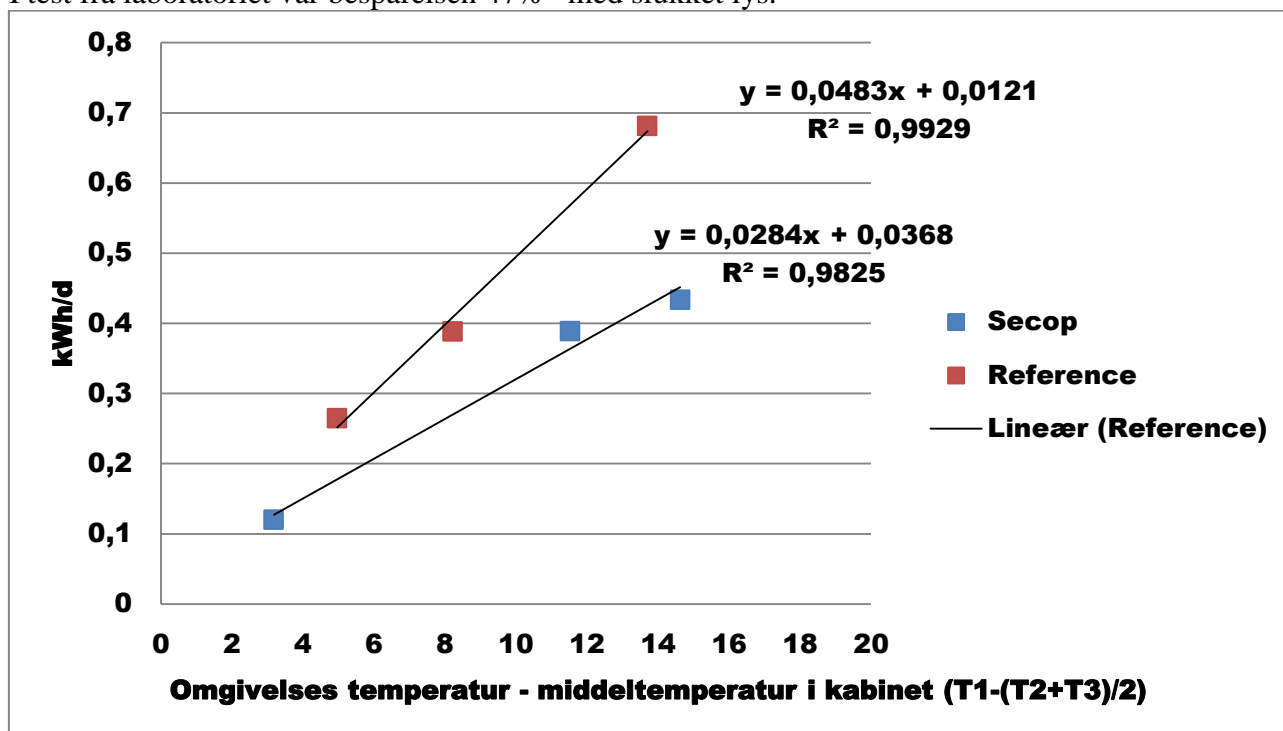
Gennemsnitsbesparelsen var 47,15 % og 45,45 % med korrektion for lyset. Det er underligt at denne besparelse ikke stemmer mere overens med det målte, men kan måske forklares af få data, samt usikkerhed i modellen for korrektion og den varierende last hos brugerne.

Temperaturforskellen mellem skab og omgivelser er meget små for nogle af skabene (3 – 5 K) og det medfører stor usikkerhed på denne delanalyse, og man skal nok ikke lægge for meget vægt på det.

Hvis man sammenligner skabene parvis vil der fremkomme et helt andet billede:

- Dronning Louise 2/Dronning Louise 3: Har en sammenlignelig temperatur-indstilling og døråbninger. Sammenligningen giver en energibesparelse på 54%.
- Hjerting Badehotel/Dronning Louise 4: Temperaturforskellen (T1-T2) er større for Hjerting badehotel. Til gengæld er den høje temperatur lavere for Hjerting badehotel. Hjerting Badehotel bliver åbnet dobbelt så meget. Denne sammenligning medfører en energibesparelse på 36,3%.

I test fra laboratoriet var besparelsen 47% med slukket lys.



Figur 7-19: Energiforbrug versus forskellen mellem omgivelsernes temperatur og gennemsnitstemperaturen i kabinet. For skabe med lyset konstant slukket



Ved at benytte tendenslinjer findes en energibesparelse for skabene med slukket lys indenfor intervallet hvor både målingerne for reference og Secop-skabene er gældende. Analysen ses i Tabel 7-10 og giver en gennemsnitlig besparelse på 34,5 procent.

Temperaturforskel K	5	7	9	11	13	middel
Reference-skab kWh/d	0,254	0,350	0,447	0,543	0,640	0,447
Ny generation skab, Secop kWh/d	0,179	0,236	0,292	0,349	0,406	0,292
Besparelse (%)	29,495	32,724	34,557	35,738	36,563	34,557

Tabel 7-10: Besparelse ved brug af tendenslinjerne fra Figur 7-19: Energiforbrug versus forskellen mellem omgivelsernes temperatur og gennemsnitstemperaturen i kabinet. For skabe med lyset konstant slukket



### 7.3.3.2.3 Modeller tilnærmelsesvist tæt på teststandard

I laboratoriet er vinkølerne testet ud fra teststandard med omgivelsestemperaturen på 25 grader og 12 grader inde i kabinettet, med slukket lys.

Tre skabe har temperaturbelastninger som er tilnærmelsesvis som i standarden samt slukket lys.

- Referenceskab Hjerting Badehotel: Omgivelsestemperatur på 24,7°C og gennemsnitlig temperatur i skabet på 13,7°C.
- Ny generations-skab Dronning Louise 4: Omgivelsestemperatur på 20,7°C og gennemsnitlig temperatur i skabet på 14,6°C.
- Ny generations-skab PK: Omgivelsestemperatur på 23°C og gennemsnitlig temperatur i skabet på 12,5°C.

Analysen af de tre skabe ses i Tabel 7-11.

Sammenligning	Besparelse (%)
Hjerting Badehotel	
Dronning Louise 4	36,38
Hjerting Badehotel	
PK	42,94

Tabel 7-11: Skabe tilnærmelsesvis sammenlignelige med teststandarden

Hjerting Badehotel er det skab som bliver åbnet mest ud af alle skabe i fieldtesten. De åbner det 5,5 gang om dagen. Dronning Louise 4 og PK bliver åbnet 2,4 og 1,8 gange.

## 7.4 Sammenligning

Field testen af Vestfrost Solutions nye generation vinkølere har givet gode resultater. Trods mange regulerbare variable for brugerne af skabene, har måledata fra fieldtesten ligget til grund for analyser med signifikante resultater og positive konklusioner.

Den gennemsnitlige besparelse for alle skabe uden hensyntagen til set-punkter, omgivelsestemperatur, lys eller brug er for hele fieldtesten på signifikante 47,15 procent. Den værdi stemmer næsten for godt overens med de 47 procent målt i laboratorietest. Laboratorietesten er lavet med skabenes lys slukket. Den gennemsnitlige besparelse i fieldtesten for alle skabe indeholder, både sammenligninger som trækker meget op og andre som trækker meget ned, afhængig af lysindstillingerne, set-punkter, omgivelserne og brug.

Ved at dele måledata op i skabe som enten har haft lyset slukket eller lyset tændt hele tiden er to andre procentvise besparelser udregnet. Skabene med konstant lys slukket har haft en gennemsnitlig besparelse på 29,4 og 34,6 procent afhængig af om den er regnet direkte ud fra måledata eller tendenslinjerne. Usikkerheden på denne sammenligning er ret stor, fordi flere af skabene har en meget lille temperaturforskel mellem køleskabets temperatur og omgivelserne.

Skabene med konstant lys tændt har haft en besparelse på 47,7 procent. Skabene med lyset tændt har en større procentvis besparelse end skabene med lyset slukket. Det stemmer godt overens med det som forventedes ud fra at forbedringerne på lyset bliver udnyttet og mindre energi bliver brugt på at fjerne den afgivne varme grundet en bedre COP på den nye generation. Størrelsesordenen stemmer ikke helt overens med de 47 procent målt i laboratoriet med slukket lys. Forskellen må skyldes de mange andre parametre som er varieret af brugerne igennem fieldtesten.



Tre skabe som var tilnærmelsesvis sammenlignelig med teststandarden blev brugt til at udregne to besparelser på 36,38 og 42,94 procent. Besparelser er noget højere end de beskrevne overfor med slukket lys, men ikke oppe på det opnåede i laboratoriet.

## 8 Konklusion

I projektet er der udviklet og testet en ny generation af vinkøleskabe, som sparer ca. 47 % af elforbruget sammenlignet med den eksisterende generation af vinkøleskabe. De nye køleskabe er i energiklasse A+.

Dette er verificeret ved laboratorie-test og ved field-test. Field-testen er foretaget med 8 nye ”0-serie”-apparater og 8 standard-skabe hos forbrugere i Esbjerg-området.

Vinkøleskabet er testet i laboratorium på Teknologisk Institut, og energibesparelserne kommer fra flere tiltag, hvor det mest signifikante er brug af en nyudviklet kompressor fra SECOP. Denne kompressor betyder alene en besparelse på ca. 36 % i forhold til standard-køleskabet.

Andre tiltag er brug af switch-mode strømforsyninger, brug af én ventilator (i stedet for to), placering af strømforsyninger og styring udenfor skabet.

Vestfrost Solutions er nu i gang med at kommercialisere apparatet, det vil sige at gøre det egnet til produktion og markedsføring.



## 9 Appendix liste

	sidetal
Appendix A – Beregninger, 1	48
Appendix B – Beregninger, 2	58
Appendix C - Test af forskellige komponenter	66
Appendix D - Forslag til forbedringer	77
Appendix E - Den samlede testrapport fra lab-test på TI	82
Appendix F - Forslag til måleudstyr	113
Appendix G - Energimåler test	115
Appendix H - Temperaturlogger test	120
Appendix I – Field Test Statusrapporter	133
Appendix J – Aflæsninger	172
Appendix K - Work Shops	175



## 9.1 Appendix A – Beregninger, 1

# SIMULERINGSRESULTATER - UDKAST

*Juni 2011 (revideret november 2013)*

Marcin Blazniak Andreasen, Teknologisk Institut



## Introduktion

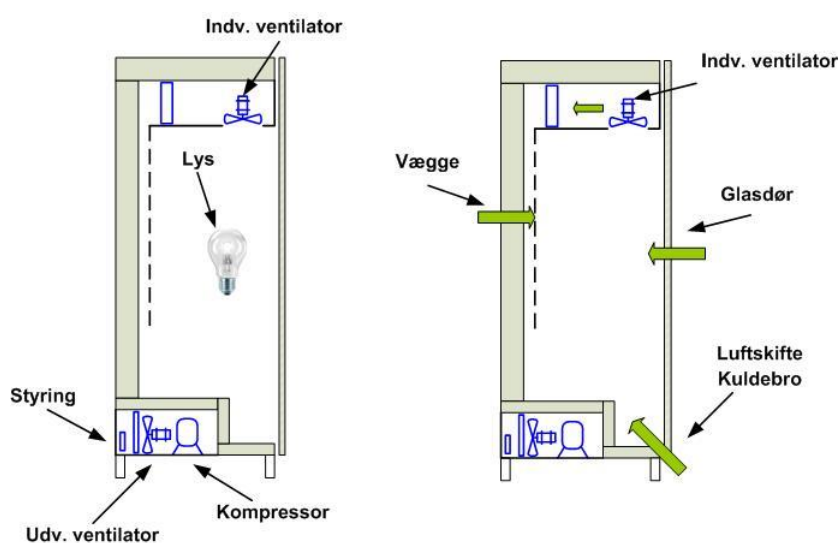
Nærværende rapport beskriver beregninger og simuleringsresultater udført på 2 Vestfrost produkter henholdsvis en Vinkøler og en Flaskekøler. Overordnet formål med beregningerne er at finde besparelser således at energiforbrug for de 2 produkter reduceres med minimum 25 %. Fremgangsmåden er at få energiforbrug af de enkelte komponenter kortlagt samt opstille varmebalance for møblerne for at kortlægge hvad giver største tab i systemet. På baggrund af disse betragtninger gives der forslag til design forbedringer.

## Kuldebelastning og Effektförbrug

Overordnet set er der kun en mindre forskel i opbygning af en Vinkøler og en Flaskekøler. Forskellen ligger i at Vinkøler har en rygkondensator og dermed har ikke en udvendig ventilator hvorimod flaskekøler har en blok-kondensator monteret nederst i kølemøblet med ventilatorerne der sørger for luftskifte se Figur 9-2.



Figur 9-1 Set fra venstre: Flaskekøler, Vinkøler



Figur 9-2: Skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald



I Tabel 9-1 ses den beregnede kuldebelastning samt opmålt energiforbrug af de enkelte komponenter i de to møbler. For flaskekøler er kuldebelastning er beregnet på basis af 2°C indvendig temperatur i møblet og 32°C omgivelsestemperatur. For vinkøler er kuldebelastning beregnet på basis af 12°C indvendige temperatur i møblet og 25°C omgivelsestemperatur.

<b>Kuldebelastning</b>		<b>Flaskekøler</b>	<b>Vinkøler</b>
Indv. ventilator	W	12,8	4,72
Vægge	W	46	20
Glasdør	W	42	17
Kuldebro	W	22,9	9,5
Luftskifte <sup>5</sup>	W	0,45	0,16
Lys <sup>6</sup>	W	17,8	0
Transformator lys(tab)	W	4,98	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	0	3,1
<b>Total fordampbelastning</b>	<b>W</b>	<b>146,93</b>	<b>54,48</b>
<b>Effektforbrug</b>		<b>Flaskekøler</b>	<b>Vinkøler</b>
Kompressor <sup>7</sup>	W	85,5	22,3
Udv. ventilator <sup>8</sup>	W	8,96 (11,2)	0
Indv. ventilator	W	12,8 (9-16)	4,72 (5,9)
Styring	W	3,5	1,7
Lys	W	17,8	0 (8,5)
Transformator lys (tab)	W	4,98	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	0	3,1
Transformator udv. ventilator(tab)	W	3,7	0
<b>Total Forbrug</b>	<b>W</b>	<b>137,24</b>	<b>31,82</b>
	<b>kWh</b>	<b>3,29</b>	<b>0,76</b>

Tabel 9-1 Beregnede kuldebelastning målt energiforbrug.

Betragter man resultater i Tabel 9-1 ses det at samme tendenser slår igennem for de to kølemøbler. Den største kuldebelastning kommer fra varmeindfald via væggene, glasdør og tætningslister. Samlet set i begge tilfælde står disse varmeindfald for over 80 % af den samlede kuldebelastning.

Betragter man effektforbrugende komponenter så er kompressor den komponent der forbruger mest energi med et energiforbrug omkring 60 % af det samlede energiforbrug i kølemøblerne.

<sup>5</sup> Der regnes med 1 gang luftskifte pr. 24h

<sup>6</sup> Der regnes med at Varmen fra lyset afsættes 100 % i kølemøblet. For Flaskekøler regnes der med at lyset er tændt hele tiden, for Vinkøler regnes der med at lyset er slukket hele tiden.

<sup>7</sup> Dette er en beregningsværdi. Effektforbrug er beregnet på baggrund af den oplyste COP i produktdatablade hvor der regnes på at kondenserings og fordampningstemperatur er  $T_{\text{fordampning}} = -22^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{kondensering}} = 42^{\circ}\text{C}$  for Flaskekøler og  $T_{\text{fordampning}} = 2^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{kondensering}} = 35^{\circ}\text{C}$  for Vinkøler

<sup>8</sup> Der regnes med 80 % drift på ventilatorerne. I parentes er der angivet værdierne ved fuld ventilatordrift.



### Optimeringspotentiale

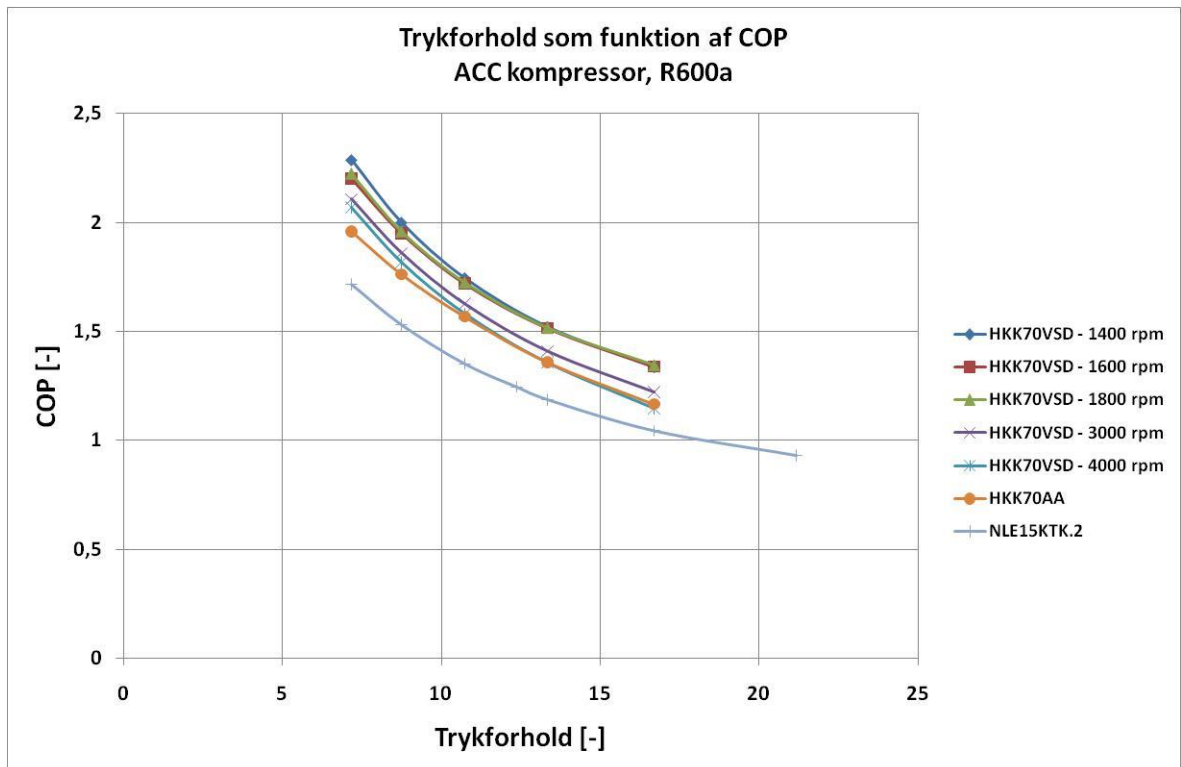
Baseret på resultaterne fra foregående afsnit foreslås det at fokusere på følgende tiltag der kan minimere energiforbruget:

- 6) Vægisolering: Tykkere isolering
- 7) Glasdør: Glasdør med en bedre U-værdi (3-lagsglas)
- 8) Tætningsliste: Tætningslisten kunne gøres bredere og dermed bedre isolerende.
- 9) Indvendig ventilator: Mere effektiv ventilator / motoreffekt ikke afsat i kølemøblet
- 10) Kompressor: Der er flere tiltag der kan forbedre kompressorens energiforbrug
  - a. Bedre kondensator og bedre fordamper. Dette vil bevirke at kompressoren vil køre under mere fordelagtige trykforhold og dermed vil man kunne opnå bedre system COP.
  - b. Variabel hastighed

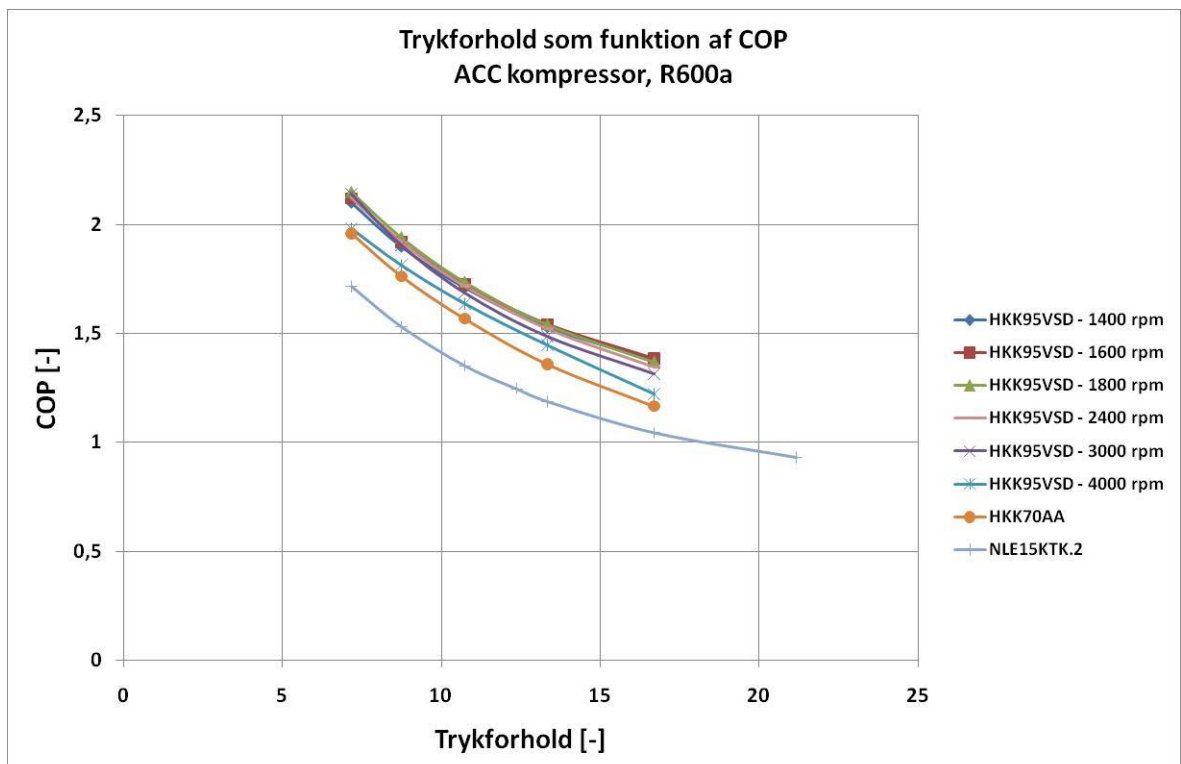
Vedrørende punkt 5c angående kompressor med variabel hastighed så er der kommet datablade på HKK70VSD og HKK95VSD kompressorer fra ACC. HKK70VSD og HKK95VSD er en variabel hastighed kompressorer hvor hastigheden kan reguleres fra 1400 rpm – 4000 rpm.

I løbet af 2013 er der endvidere kommet datablad for SECOP XV5KX kompressor med variabel hastighedsregulering.

I figuren 9-3 og 9-4 er der plottet COP værdierne for HKK70AA.03 kompressor som er placeret i vinkøler; NLE15KTK.2 kompressor som er placeret i flaskekøleren og variabel hastighed kompressorer HKK70VSD og HKK95VSD. Af figurerne kan man se at begge variabel hastighed kompressorer er mere effektive især ved lavere omdrejninger.

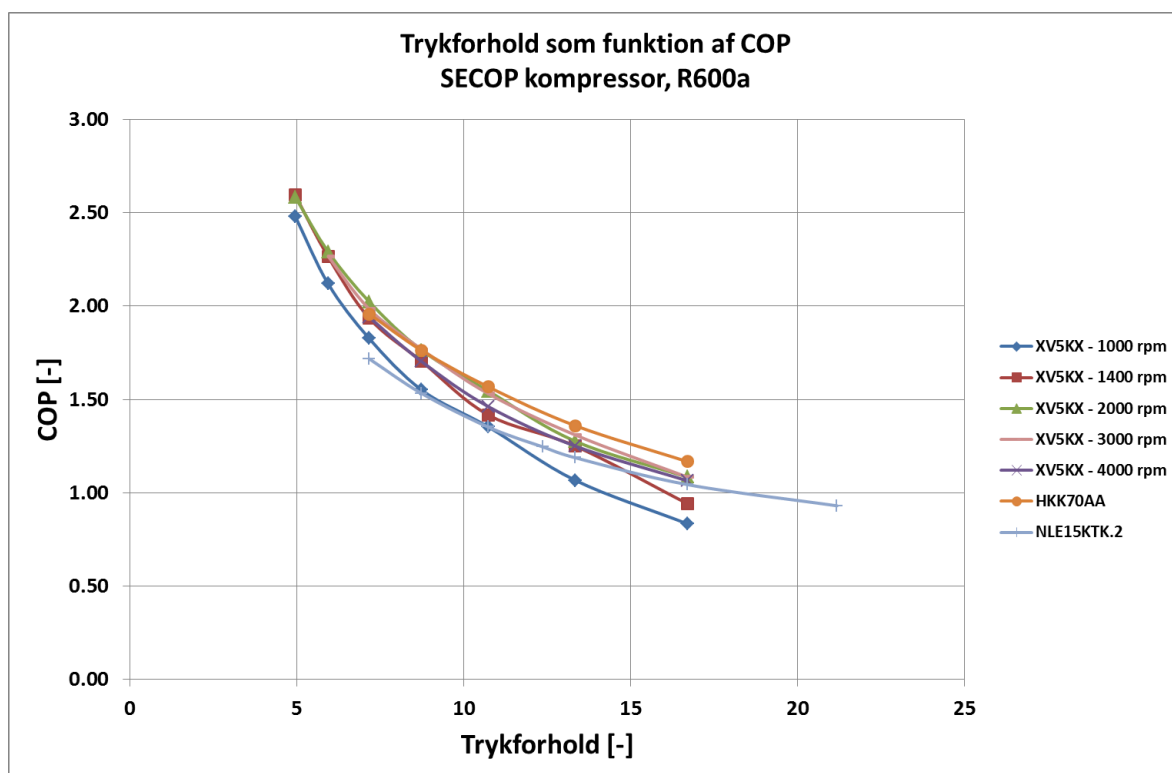


Figur 9-3 COP'er for HKK70VSD, HKK70AA og NLE15KTK ved kondenseringstemperatur på 55°C



Figur 9-4 COP'er for HKK95VSD, HKK70AA og NLE15KTK ved kondenseringstemperatur på 55°C.

Desuden er der (primo 2013) kommet et nyt variabel hastighed kompressor fra SECOP XV5KX. Hastigheden kan reguleres fra 1000 rpm – 4000 rpm. I figuren 5 kan man se COP værdierne for SECOP XV5KX.



Figur 9-5 COP'er for XV5KX, HKK70AA og NLE15KTK ved kondenseringstemperatur på 55°C.

I tabel 9-2 er der vist kapaciteter for nuværende kompressorer og disse er sammenlignet med HKK70VSD, HKK95VSD og XV5KX.

Fordampningstemperatur [C]		-30	-25	-20	-15	-10
HKK70AA.03	Kapaciteten [W]	63	87	116	148	186
NLE15KTK.2	Kapaciteten [W]	144	190	246	314	395
XV5KX - 1000 rpm	Kapaciteten [W]	10	16	23	31	42
XV5KX - 4000 rpm	Kapaciteten [W]	50	70	95	126	163
HKK70VSD - 1400 rpm	Kapaciteten [W]	32.2	43.2	56.7	72.8	91.5
HKK70VSD - 4000 rpm	Kapaciteten [W]	76.7	111.5	152.6	199.9	253.5
HKK95VSD - 1400 rpm	Kapaciteten [W]	44.7	59.9	78.1	99.2	123.2
HKK95VSD - 4000 rpm	Kapaciteten [W]	113	163.2	216.7	273.7	334

Tabel 9-2 Arbejdsområde for kompressorerne ved kondenseringstemperatur på 55C

I tabel 9-1 kan man se at fordamper belastning er på 54,48W i vinkøleren, dvs. SECOP XV5KX kapacitets område ser ud til at passe bedst til hvad der er behov for i vinkøleren.

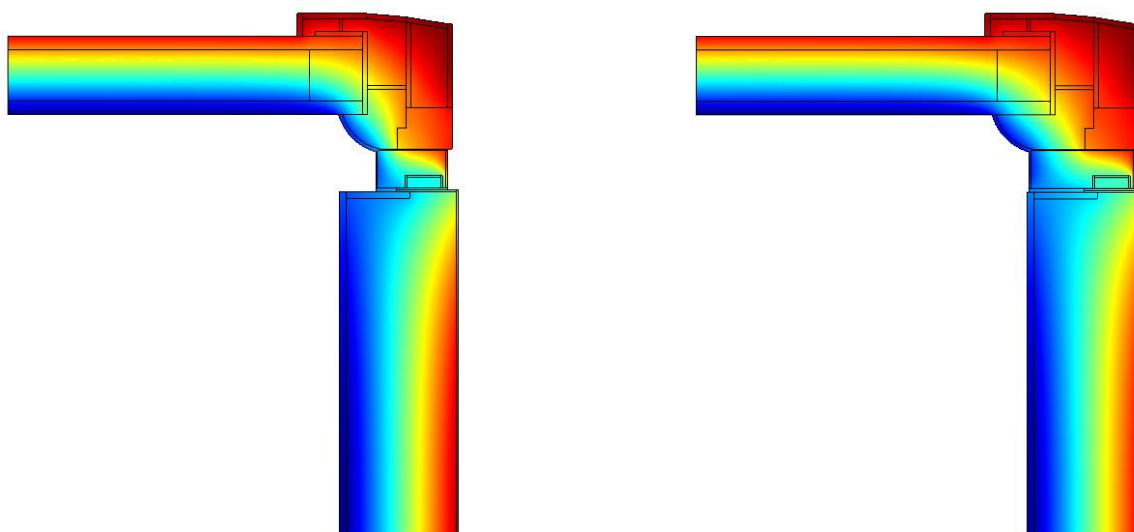
I flaskekøleren er fordamper belastning på 146,93W. Her passer HKK95VSD bedst. Der dog skal tjekkes om HKK95VSD kompressor kan levere nødvendig køleffekt ved pull down testen.

Der udføres beregninger med de nye kompressorer fra ACC (HKK70VSD og HKK95VSD) på både Flaskekøler og Vinkøler samt kompressor fra SECOP (XV5KX) på vinkøleren. Det skal dog understreges at i flaskekøleren kan HKK95VSD have problemer med at levere nødvendig køleeffekt ved pull down testen, dette skal undersøges nærmere.

Beregninger der er gennemført ses i tabel 9-3 mens resultaterne for Flaskekøler og Vinkøler er præsenteret henholdsvis i tabel 9-4 og 9-5.

Betegnelse	Forklaring
1 Væg	Isoleringstykkelse gøres 10mm tykkere i forhold til den originale design
2a Dør	U-værdi for glasdør reduceres fra $1,4\text{W/m}^2\text{K}$ ned til $1,2\text{W/m}^2\text{K}$
2b Dør	U-værdi for glasdør reduceres fra $1,4\text{W/m}^2\text{K}$ ned til $0,9\text{W/m}^2\text{K}$
1 + 2b	Tykkere isolering + bedre glasdør
3 Liste	Tætningslisten gøres bredere så den dækker hele bredden af væggen se figur 5
5a Kom.	Fordampningstemperatur øges med $1^\circ\text{C}$ og Kondenseringstemperatur reduceres med $1^\circ\text{C}$
5b Kom.	HKK70VSD som kører med 1400 rpm. i vinkøleren og HKK95VSD som kører med 2400 rpm. i flaskekøleren
5c Kom.	XV5KX som kører med 1000 rpm. i vinkøleren

Tabel 9-3 Forklaring af gennemførte beregninger



Figur 9-6 Til venstre original tætningsliste, Til højre bred tætningsliste



Kuldebelastning		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	5a Kom	5b Kom
				1,2W/m2K	0,9W/m2K				HKK95VSD 2400rpm
Indv. Ventilator	W	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Vægge	W	46	37	46	46	37	46	46	46
Glasdør	W	42	41	36	27	27	42	42	42
Kuldebro	W	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	18,9	22,9	22,9
Luftskifte	W	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Lys	W	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
Transformator lys(tab)	W	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98
Transformator indv. ventilator(tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total fordampbelastning</b>	<b>W</b>	<b>146,93</b>	<b>136,93</b>	<b>140,93</b>	<b>131,93</b>	<b>122,93</b>	<b>142,93</b>	<b>146,93</b>	<b>146,93</b>
Effektforbrug		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	5a Kom	5c Kom
				1,2W/m2K	0,9W/m2K				HKK95VSD 2400rpm
Kompressor	W	85,5	79,6	82,0	76,7	71,5	83,1	83,1	68,7
Udv. Ventilator	W	8,96	8,96	8,96	8,96	8,96	8,96	8,96	8,96
Indv. Ventilator	W	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Styring	W	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Lys	W	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
Transformator lys (tab)	W	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98
Transformator indv. ventilator(tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator udv. ventilator(tab)	W	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
<b>Total Forbrug</b>	<b>W</b>	<b>137,24</b>	<b>131,34</b>	<b>133,74</b>	<b>128,44</b>	<b>123,24</b>	<b>134,84</b>	<b>134,84</b>	<b>120,44</b>
	<b>kWh</b>	<b>3,29</b>	<b>3,15</b>	<b>3,21</b>	<b>3,08</b>	<b>2,96</b>	<b>3,24</b>	<b>3,24</b>	<b>2,89</b>
<b>Besparelse</b>	<b>%</b>	<b>-</b>	<b>4,30</b>	<b>2,55</b>	<b>6,40</b>	<b>10,20</b>	<b>1,75</b>	<b>1,75</b>	<b>12,24</b>

Tabel 9-4 Resultaterne af beregningerne ved  $T_{ind}=2^{\circ}\text{C}$  og  $T_{ud}=32^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{ford}=-22^{\circ}\text{C}$   $T_{kond}=42^{\circ}\text{C}$  – Flaskekøler



Kuldebelastning		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	5a Kom	5b Kom	5c Kom	6 Vent
				1,2W/m <sup>2</sup> K	0,9W/m <sup>2</sup> K				HKK70VSD 1400rpm	XV5KX 1000rpm	XV5KX 1000rpm
Indv. ventilator	W	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	2,36
Vægge	W	20	16	20	20	16	20	20	20	20	20
Glasdør	W	17	17	14	11	11	17	17	17	17	17
Kuldebro	W	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	7,9	9,5	9,5	9,5	9,5
Luftskifte	W	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Lys	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator lys(tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	0
<b>Total fordampbelastning</b>	<b>W</b>	<b>54,48</b>	<b>50,48</b>	<b>51,48</b>	<b>48,48</b>	<b>44,48</b>	<b>52,88</b>	<b>54,48</b>	<b>54,48</b>	<b>54,48</b>	<b>49,02</b>
Effektforbrug		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	5a Kom	5c Kom	5c Kom	5c Kom
				1,2W/m <sup>2</sup> K	0,9W/m <sup>2</sup> K				HKK70VSD 1400rpm	XV5KX 1000rpm	XV5KX 1000rpm
Kompressor	W	22,3	20,7	21,1	19,9	18,2	21,7	22,0	18,2	13,37	12,03
Udv. Ventilator	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indv. ventilator	W	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	2,36
Styring	W	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Lys	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator lys (tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transformator indv. ventilator(tab)	W	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	0,7
Transformator udv. ventilator(tab)	W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Forbrug</b>	<b>W</b>	<b>31,82</b>	<b>30,22</b>	<b>30,62</b>	<b>29,42</b>	<b>27,72</b>	<b>31,22</b>	<b>31,52</b>	<b>27,72</b>	<b>22,89</b>	<b>16,79</b>
	<b>kWh</b>	<b>0,764</b>	<b>0,725</b>	<b>0,735</b>	<b>0,706</b>	<b>0,665</b>	<b>0,749</b>	<b>0,756</b>	<b>0,665</b>	<b>0,549</b>	<b>0,403</b>
<b>Besparelse</b>	<b>%</b>	<b>-</b>	<b>5,1</b>	<b>3,8</b>	<b>7,6</b>	<b>13,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>13,0</b>	<b>28,1</b>	<b>47,3</b>

Tabel 9-5 Resultaterne af beregningerne ved  $T_{ind}=12^{\circ}\text{C}$  og  $T_{ud}=25^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{ford}=2^{\circ}\text{C}$   $T_{kond}=35^{\circ}\text{C}$  – Vinkøler





## Opsummering

Ovenstående beregninger tyder på at det er nødvendigt at kombinere flere tiltag for at reducere energiforbruget med 25 %. Det mest oplagte sted at tage fat er vægisolering og glasdør. Med en forøgelse af vægisolering med 10mm + forbedring af U-værdi fra  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  til  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  kan energiforbrug reduceres med 11,98 % for Flaskekøler og 14,6 % for Vinkøler.

Det vurderes derudover at forbedring af tætningslisten vil yderligere reducere energiforbruget med omkring 2%. Designet af tætningslisten skal vendes med Vestfrost.

Det er også nødvendigt at se på tiltag vedrørende kompressor for at reducere dens energiforbrug. Her kan man se på 3 tiltag:

1. Bedre kondensator og bedre fordamper
2. Mere effektiv kompressor
3. Variabel hastighed kompressor

XV5KX kompressor med variabel hastighed ser ud til at være en oplagt kandidat som en alternativ kompressor i vinkøleren. Dens arbejdsområde samt forbedret COP især ved lavere omdrejninger taler for dette. I vinkøleren vurderes det at man kan spare omkring 28 % i energiforbrug ved at gå fra HKK70AA.03 kompressor til XV5KX kompressor.

HKK95VSD kompressor med variabel hastighed har en højere kapacitet end HKK70VSD og kan dermed være en kandidat til at erstatte NLE15KTK.2. HKK95VSD kompressor er mere effektiv end NLE15KTK.2 dog har NLE15KTK.2 stadig større kapacitet. Det betyder at forholdende omkring pull down testen skal afklares. I det fald at HKK95VSD kompressor kan bruges vurderes det at man kan spare omkring 13,7 % i energiforbrug ved at gå fra NLE15KTK.2 kompressor til HKK95VSD kompressor.



## **9.2 Appendix B – Beregninger, 2**

Teknologisk Institut

15. april 2011/Marcin B. Andreasen

Projekt: Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler

### **Statusrapport 15.04.2011 – Vestfrost**

I det følgende gives der en kort status på beregningsdelen i projektet. Der skrives kort om hvad der lavet af beregninger og hvad der er planlagt at blive lavet. Denne statusskrivelse er delt i følgende afsnit:

1. Statiske beregninger – kuldebelastning
  - 1.1. Varmeindfald via vægge
  - 1.2. Kuldebro
  - 1.3. Luftskifte
2. Dynamiske beregninger – kølesystem
3. Næste skridt



## Statistiske beregninger – kuldebelastning

Der er udarbejdet en række programmer og modeller i regneark, EES og i termisk FEM program kaldet Comsol Multiphysics. I det følgende gives et kort status på arbejde med fokus på følgende:

- Varmeindfald via vægge
- Kuldebro
- Luftskitte

### Varmeindfald via vægge

Der er udarbejdet et Excell regneark der medtager dimensioner af flaskekøler/vinkøler. I regnearket har man mulighed for at justere på skabets dimensioner og afprøve forskellig isoleringstykkelse samt isoleringsmateriale.

I regnearket bliver der beregnet hvor meget kulletab der er via vægge ved en given temperaturdifferens og givne dimensioner af flaskekøler/vinkøler, se også brugefladen forneden.

**Kabinet dimensioner**

Linje	Parameter	Enhed	Værdi
7	Bredde, indv.	b_i m	0.515
8	Bredde, udv.	b_u m	0.595
9	Godstykkelse	s_v m	0.040
10	Dybde, indv.	d_iud m	0.490
11	Dybde, udv. (uden dør)	d_uud m	0.532
12	Godstykkelse, bagvæg	s_bv m	0.042
13	Højde, indv.	h_i m	1.780
14	Højde, udv.	h_u m	1.854
15	Godstykkelse, top og bund	s_tb m	0.037
16	Dortykkelse	s_d m	0.045
17	Dybde, udv. (med dør)	d_u m	0.577

**Temperatur konditioner**

Linje	Parameter	Enhed	Værdi
5	Temperatur, omgivelser	t_amb °C	32
6	Temperatur, luft i skab	t_i °C	2

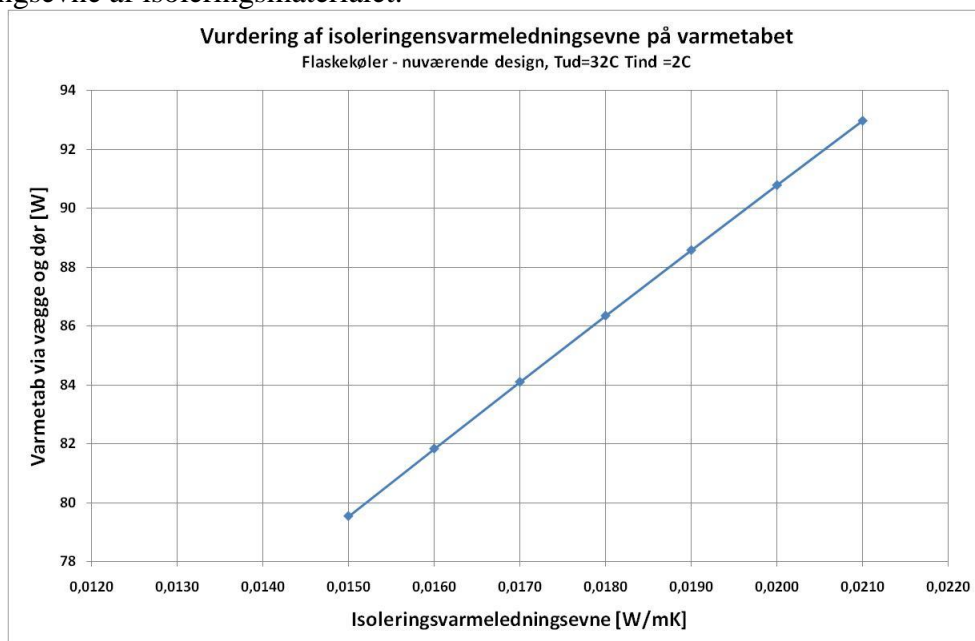
**Isoleringsmaterialets -egenskaber**

Linje	Parameter	Enhed	Værdi
24	Varmekonduktivitet, skum, +3°C	lam_PUR W/mK	0.0190

**Kulletab**

Linje	Parameter	Enhed	Værdi
31	Isoleringsstykkelse, top og bund	s_t m	0.0370
33	U-værdi, top og bund	U_top m2K	0.466
38	Faktor, kuldebro, dør	f_kd -	1.0
39	Faktor, kuldebro, væg	f_kv -	1.0
40	Kulletab, dør	PHI_dor W	42
41	Kulletab, bagvæg	PHI_b W	13
42	Kulletab, sidevæg	PHI_sv W	25
43	Kulletab, top og bund	PHI_tb W	8
45	Kulletab, i alt	PHI_tab W	89

I regnearket kan man bl.a. regne på hvilken betydning isoleringsmaterialet har for varmetabet. I figuren forneden blev der brugt nuværende dimensioner af flaskekøler og der blev ændret på varmeledningsevne af isoleringsmaterialet.

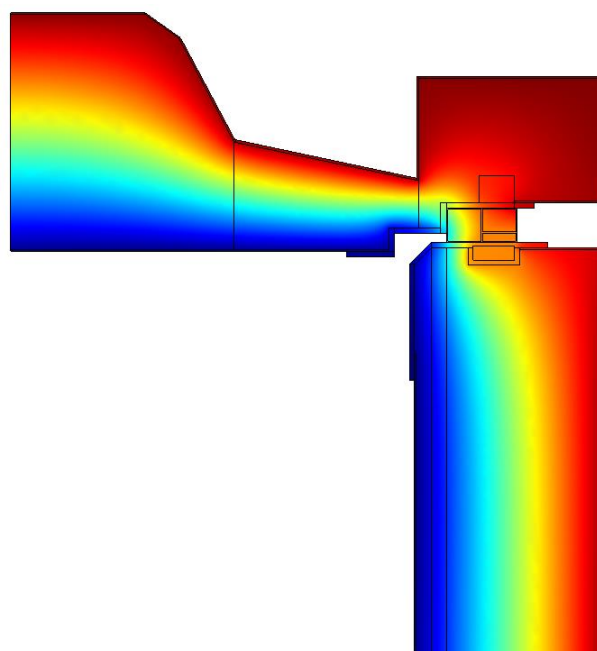


## Kuldebro

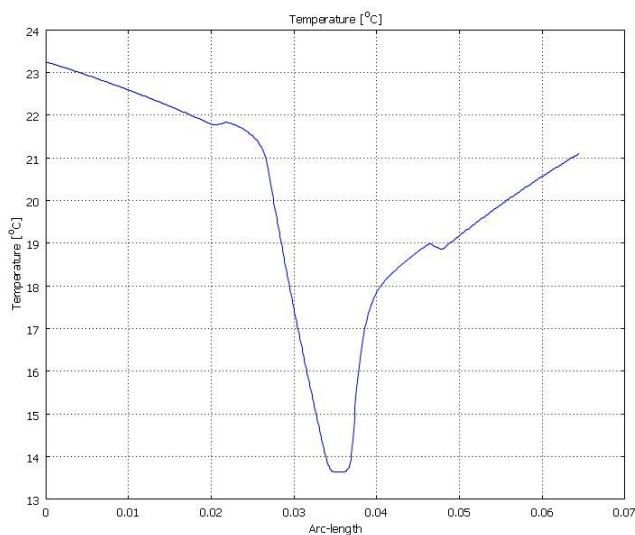
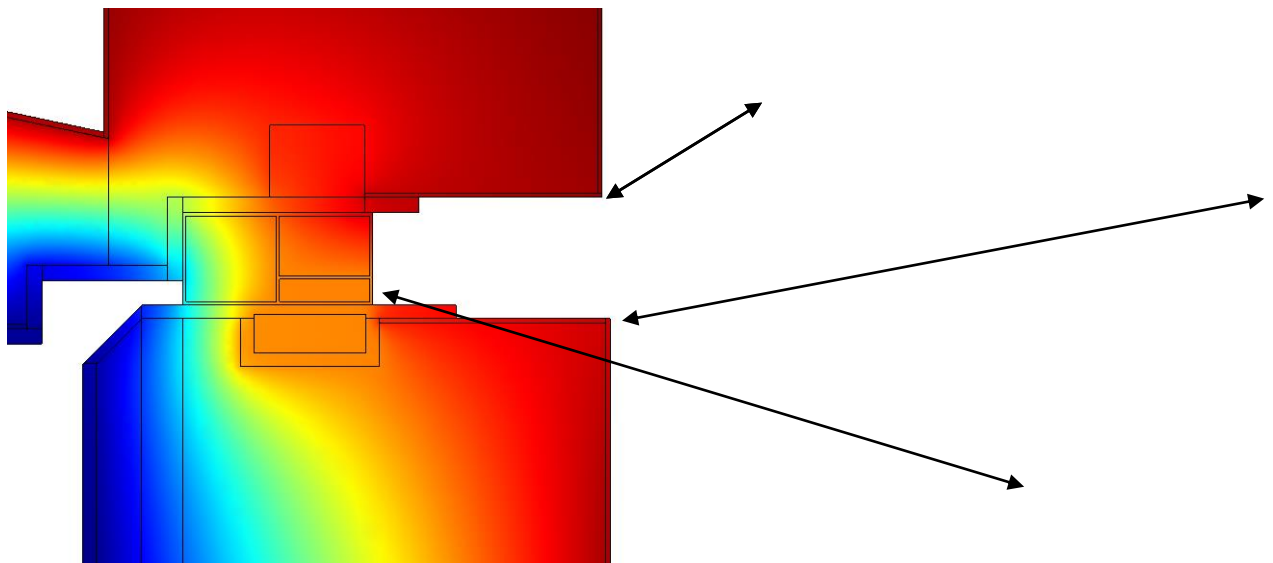
TI har modtaget STEP filer fra Vestfrost for nylig men på nuværende tidspunkt er der ikke opbygget en model, der arbejdes på det, og det forventes at de første resultater er klar efter påsken/luge i Maj.

Der vil blive udarbejdet en model af nuværende tætningsliste i programmet Comsol Multiphysics. Det vil blive et 2Dimensionel model hvor man tager et udsnit af tætningslisten og del af kabinettet. Geometrien bliver nok geometrisk forsimplet pga. beregningstekniske årsager. Programmet vil give mulighed at justere dimensioner på f.eks. tætningslisten og se hvilken effekt dette har på varmeindfald og temperaturen på den udvendige side af tætningslisten. Model resultater vil blive holdt op imod temperatur målinger (termografibilleder) for at efterkalibrere modellen.

I det følgende gives dog et eksempel på en tilsvarende beregning for at give et indtryk af hvad der kan forventes af programmet. I figuren forneden kan man se et udsnit at et skab i området omkring tætningslisten hvor farverne angiver temperaturen.



I modellen kan man beregne varmeindfald men den vil også give informationer omkring temperaturen ved listen, som vist i figuren forned. Men som sagt arbejdes der nu på de Step filer der er modtaget fra Vestfrost.



## Luftskifte

Der er udarbejdet et lille program i EES, se brugefladen forneden. Programmet kan regne på hvad det har af betydning hvis man skifter den kolde luft i Vinkøler/Flaskekøler med en varm luft fra omgivelser. Input parameter til beregning er de indvendige dimensioner af skabet, udvendig og udvendig temperatur og luftfugtighed samt hvor mange gange pr. døgn det forventes at man skifter luften ud i skabet.

I beregningen forneden er der regnet på at der er luftudskiftning 1 gang pr. døgn. Af beregningen kan man se at dette vil yderligere belaste køleanlægget med 0,4811W i flaskekøleren. Beregningen medtager afkøling, indfrysning af vand på fordampere samt det at der dannes undertryk og dermed der suges mere varm luft ind i skabet.



Diagram Window

Indvendige dimensioner

Bredde<sub>ind</sub> = 0,515 [m]  
Dybde<sub>ind</sub> = 0,49 [m]  
Højde<sub>ind</sub> = 1,78 [m]

N<sub>udsiftning</sub> = 1      Antal luftudskiftninger pr. 24 timer

Calculate

Konditioner

P = 101325 [Pa]  
T1 = 32 [C]    T2 = 2 [C]  
rh1 = 0,6      rh2 = 0,8

Energi<sub>afkøling</sub> = 0,4811 [W]      Kuldebelastning pr. 24 timer

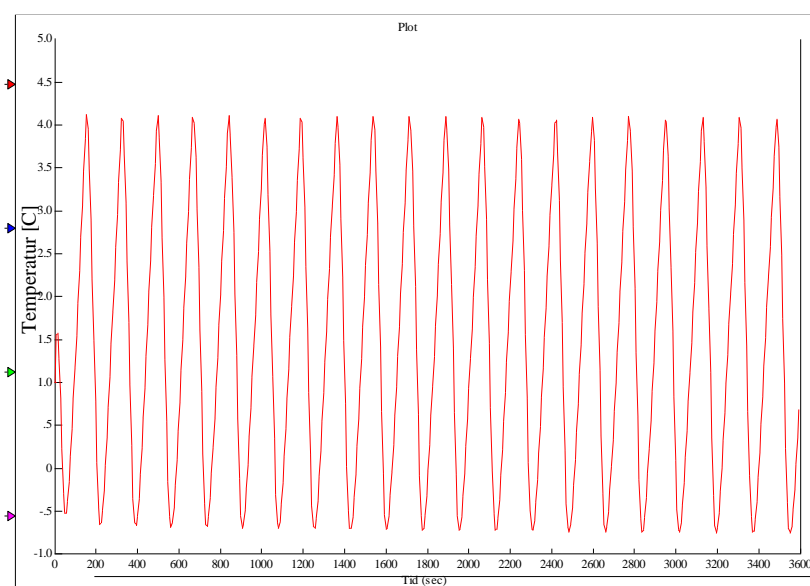
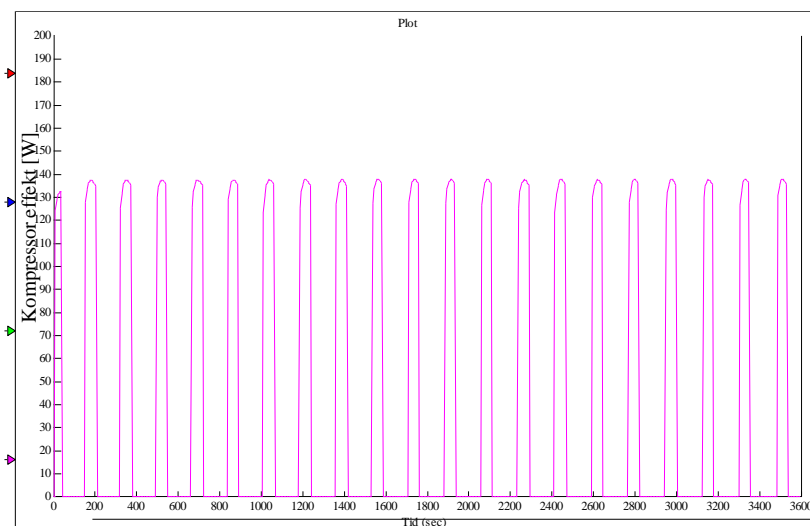


## Dynamiske beregninger – kølesystem

Der er udarbejdet den første version af en dynamisk model i programmet kaldet Vissim. I programmet er der indbygget det nuværende kølesystem med nuværende komponenter samt en simpel styring og foreløbig statisk kuldebelastning.

På nuværende tidspunkt er der implementeret en simpel on/off kompressor styring på kølesystemet som det ser ud i dag dvs. med alle nuværende komponenter. Kompressoren styrer efter temperaturen i skabet som skal holdes på 2°C. Kompressoren styrer efter denne temperatur med en hysteresis på 2°C +/-2K.

I modellen kan man regne på hvordan kompressoren belastes, hvad temperaturen er i skabet, man kan udregne COP samt den totale energi forbrug. For tiden er der et par grafer der viser bl.a. kompressor effekt samt temperaturen inde i skabet. Modellen er stadig under udvikling.







Når modellen af nuværende kølesystem er fuldt udviklet vil alle ændringer der foretages efterfølgende på kølesystemet (enten nye styringsstrategier eller nye komponenter) blive sammenlignet med den, dvs. denne model er vores sammenligningsgrundlag.

Det er lagt op til at man tester forskellige styringsstrategier og nye komponenter på 3 driftssituationer som følge:

- Case 1 – Statisk kuldebelastning dvs. når køle/fryseskabet er lukket og varerne er afkølet dvs. der tages kun højde for varmeindfald via døre, kuldebro osv.
- Case 2 – Nedkøling dvs. der kigges på hvad der sker når man indsætter varme varer i skabet.
- Case 3 – Døråbninger dvs. der kigges på en driftssituation hvor man medtager kuldebelastning grundet døråbninger.

Ved alle 3 ovennævnte cases vil forskellige styringsstrategier blive testet, samt der vil blive afprøvet nye komponenter for at se hvilke indflydelse ændringer har på energiforbruget.

### **Næste skridt**

Det næste skridt er at færdigudvikle den dynamiske model dvs. få modelleret de 3 ovennævnte cases på nuværende kølesystem. Efterfølgende i samarbejde med Vestfrost skal nye komponenter og nye styringsstrategier udvælges og efterfølgende testes i simuleringsprogrammet for at se hvilken effekt ændringer har på energiforbruget.

Angående FEM beregninger skal disse opbygges på baggrund af de STEP filer der er modtaget fra Vestfrost. Det forventes at de første resultater er klar efter påsken/1. uge i Maj. Efterfølgende foreslås det at Vestfrost og TI sætter sig sammen en dag og tager en snak om forskellige liste design. Det er nemlig relativt nemt at ændre på geometrien i programmet og man får resultat umiddelbart efter.



### **9.3 Appendix C - Test af forskellige komponenter**

## **Notat vedr. elektriske emners effektforbrug**

### ***Vestfrost Vinkøler VKG 851 og Flaskekøler FKG 883***

maj 2011

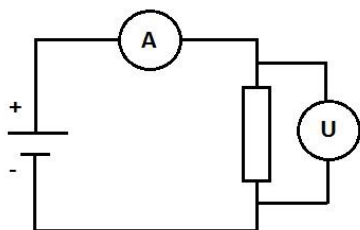
Emil Jacobsen, Teknologisk Institut

### Indledning

Dette notat omhandler en kortfattet prøvning af elektriske komponenter fra Vestfrost's vinkølere og flaskekølere. Prøvningen omfatter øjeblikmålinger af effektforbruget af de forskellige komponenter under drift, og standby - hvor dette er relevant. Desuden er effektiviteten af de enkelte transformatorer, der forsyner komponenterne blevet testet i del- og fuldlast.

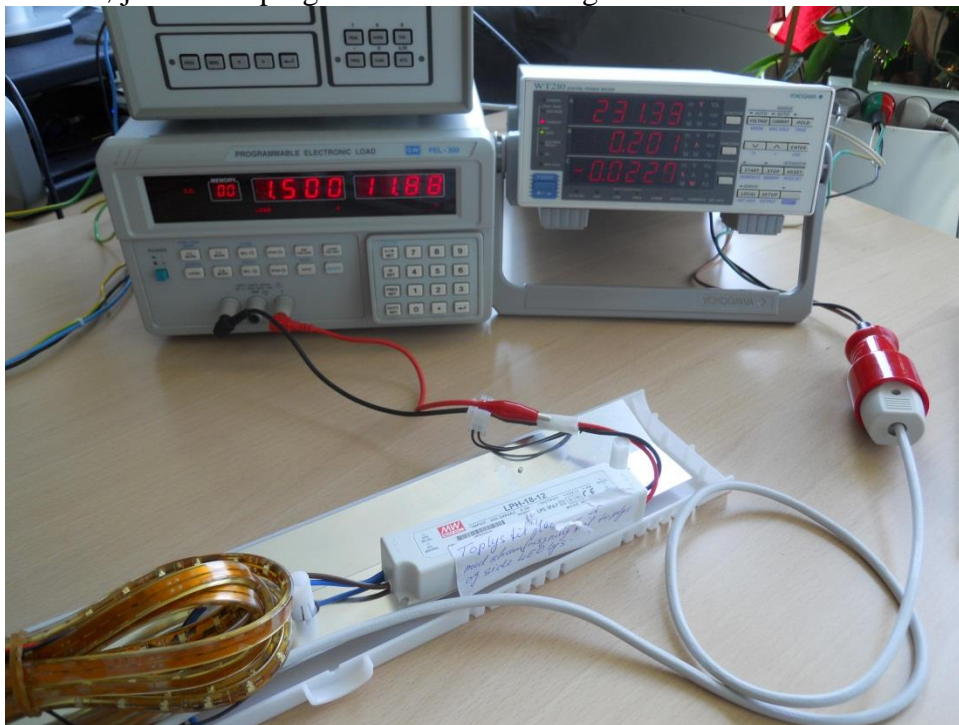
### Måleopstilling

Til måling af effektforbruget på de enkelte komponenter er der blevet anvendt et digitalt multimeter i følgende måleopstilling (Figur 9-7):



Figur 9-7 Diagram af måleopstilling

Til måling af transformatorernes effektivitet er samme måleopstilling, Figur 9-7, blevet anvendt med tilføjelse af en programmerbar belastning sluttet til transformatorens sekundærside (Figur 9-8).



Figur 9-8 Måleopstilling med transformer tilsluttet til elektronisk belastning



## Måleresultater Effektforbrug

### Vinkøler VKG 861

<i>Komponent</i>	<i>Effektforbrug [W]</i>
Varmelegeme	43,4
Blæserkasse m. vent. og styring (slukket vent / slukket lys)	1,7
Blæserkasse m. vent. og styring (slukket vent / tændt lys)	10,2
Blæserkasse m. vent. og styring (tændt vent / slukket lys)	7,6
Blæserkasse m. vent. og styring (tændt vent / tændt lys)	16,1

### Flaskekøler FKG 883 (M200)

<i>Komponent</i>	<i>Effektforbrug [W]</i>
Ventilator til fordamper	min 9 / max 16
Strømforsyning til kondensatorventilatorer (standby)	2,6
Strømforsyning til kondensatorventilatorer (drift m. 3 vent.)	11,2
Strømforsyning til LED top- og sidebelysning (slukket lys)	0,8
Strømforsyning til LED top- og sidebelysning (tændt lys)	17,8
EMS styring m. dørkontakt	3,5

## Transformer effektivitet

Fabrikat	Model	Funktion		
Mean well	LPH-18-12	Top- og sidebelysning til flaskekøler		
0 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	0,7	0	0,7	0
25 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	6,3	4,49	1,81	0,71
50 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	11,5	8,96	2,54	0,78
75 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	17,1	13,42	3,68	0,78
100 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	22,8	17,82	4,98	0,78



Figur 9-9: Figur 0 3 Mean Well transformer til belysning i flaskekøler



<b>Fabrikat</b>	<b>Model</b>	<b>Funktion</b>		
Wujiang	7039821	Kondensatorventilatorer på flaskekøler		
0 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	2,6	0	2,6	0
25 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	10	6,49	3,51	0,65
50 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	17,1	12,76	4,34	0,75
75 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	24,2	18,5	5,7	0,76
100 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	31,3	22,84	8,46	0,73

Fabrikat	Model	Funktion
Wujiang	7030108-03	lys og fordamperventilatorer på vinkøler

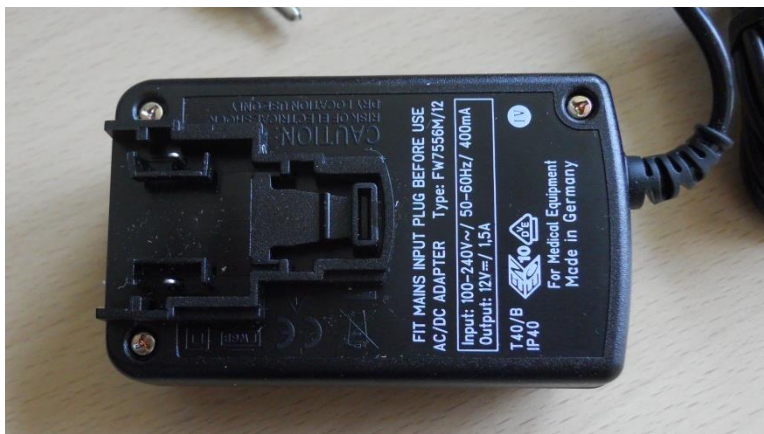
NB! Denne trafo har 2 sekundærsider, målingerne er pr. enkelt side.

0 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	0,7	0	0,7	0
25 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	2,4	1	1,4	0,42
50 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	4	1,67	2,33	0,42
75 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	5,6	2,5	3,1	0,45
100 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	7,2	3,32	3,88	0,46



Figur 9-10 Transformer til lys og/eller fordamperventilatorer på vinkøler

Fabrikat	Model	Funktion		
Frivo	FW7556M/12	12 V 1,5 A switch mode reference		
0 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	0,3	0	0,3	0
25 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	5,7	4,5	1,2	0,79
50 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	11	8,94	2,06	0,81
75 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	16,2	13,31	2,89	0,82
100 % last	$P_{ind}$ [W]	$P_{ud}$ [W]	$P_{tab}$ [W]	$\eta_{trafo}$ [%]
	21	17,58	3,42	0,84

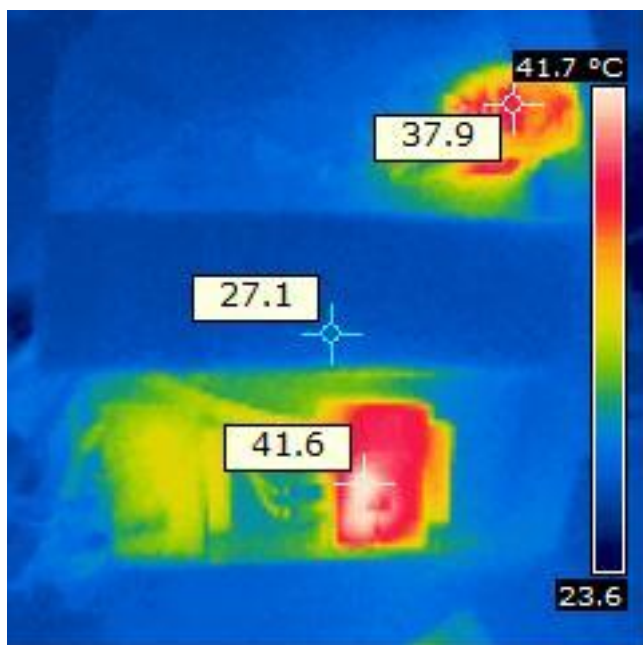


Figur 9-11 Switch mode transformator - reference



## Termografering

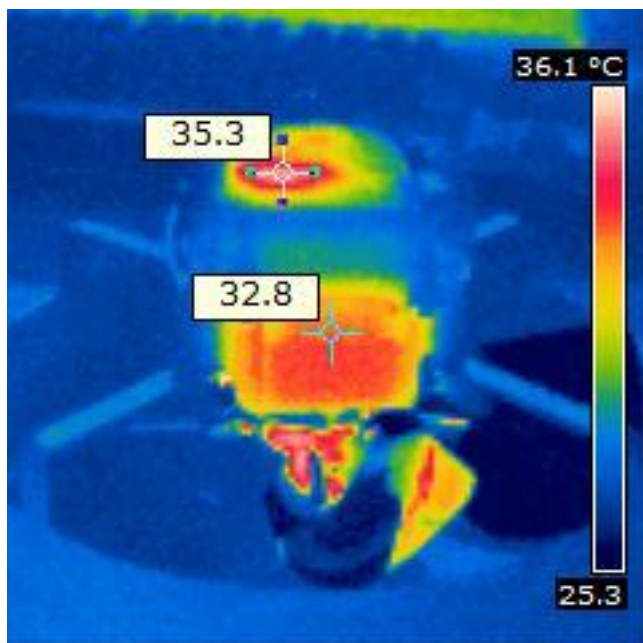
Som supplement til effekt- og effektivitetsmålingerne er enkelte relevante komponenter blevet termograferet



Figur 9-12 Termografibillede af blæserkasse til vinkøler med 2 strømforsyninger (nederst i billedet) og Dixellstyring (øverst) og spotmålinger heraf



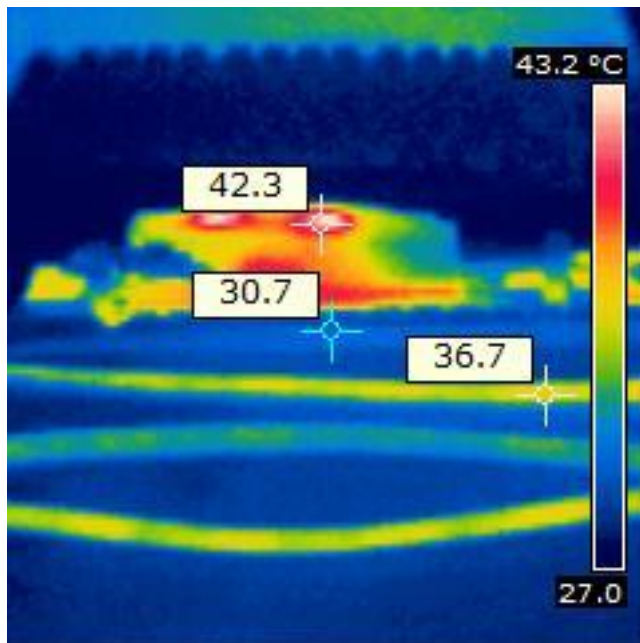
Figur 9-13 Blæserkasse til vinkøler med 2 strømforsyninger og Dixellstyring



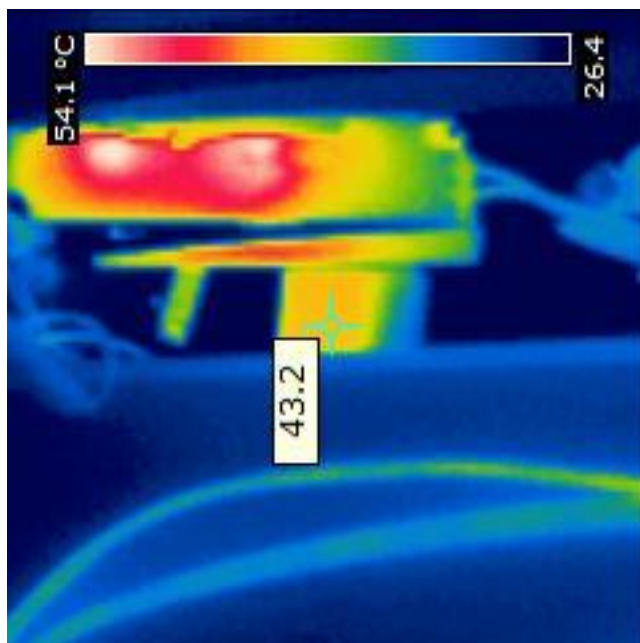
Figur 9-14 Termografibillede af fordamperventilator til flaskekøler m. spotmålinger på motorchassis



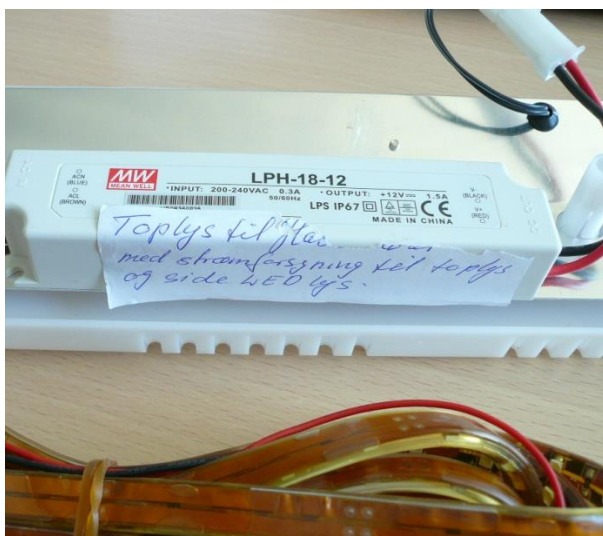
Figur 9-15 Fordamperventilator til flaskekøler



Figur 9-16 Termografibillede af LED top- og sidelys til flaskekøler m. spotmålinger på strømforsyning (øverst i billedet) og LED belysning (nederst i billedet)



Figur 9-17 Termografibillede af LED topbelysning m. spotmåling af overfladetemperatur på reflektor i billedets midte (målt på tape strimmel)



## Konklusion

Fra målingerne og termograferingen af de enkelte komponenter fra vinkøleren og flaskekøleren, er det erfaret at der afsættes energi i form af spildvarme til både vinkølerens og flaskekølerens indre kabinet.

Specielt blæserkassen til vinkøleren, Figur 9-12, synes at afgive en del varme. Denne varme opstår som følge af lav effektivitet på specielt transformeren til lys og fordamperventilatorer. Effekten som vinkøleren tilføres grundet dette svarer til ca. 3,5 W, hvilket er uheldigt, da denne effekt ikke blot er et tab, men også en belastning der skal køles væk igen. Reduktionen af vinkølerens samlede energiforbrug ved flytning af f.eks. den omtalte ventilatortransformer vil afhænge af hvorvidt ventilatorerne kører konstant eller i forbindelse med kompressordrift. Kører ventilatorerne konstant i vinkøleren vil bortkøling af ventilatortransformerens overskudsvarme svare til ca. 20 % af vinkølerens samlede energiforbrug. Kører ventilatorerne dog kun ifm. Kompressordrift vil bortkølingen svare til ca. 8 % af det samlede energiforbrug.

I forbindelse med test af vinkøleren og flaskekøleren i klimakammeret på Teknologisk Institut kunne det f.eks. være nyttigt at teste de respektive energiforbrug før og efter en ny placering af transformere underfor vinkøleren.

Forholdet omkring belastning i form af overskudsvarme gør sig også gældende for flaskekølerens motor til fordampertilblæseren i denne. Hvis denne motor kan flyttes ud af kabinettet vil varmeafgivelsen fra denne ikke længere være en belastning der skal bortkøles. Her vil det også være yderst nyttigt at teste flaskekøleren før og efter en ny placering af ventilatormotoren.



## **9.4 Appendix D - Forslag til forbedringer**

# **Notat: Forslag til konstruktionsforbedringer**

### ***Vestfrost Vinkøler VKG 851 og Flaskekøler FKG 883***

Juni 2011

Emil Jacobsen og Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

## Indledning

Nærværende notat er skrevet som en forlængelse af tidligere udsendte skrivelse med titlen ”Notat vedr. elektriske emners effektforbrug” og omhandler forslag til konstruktionsmæssige forbedringer på komponentniveau.

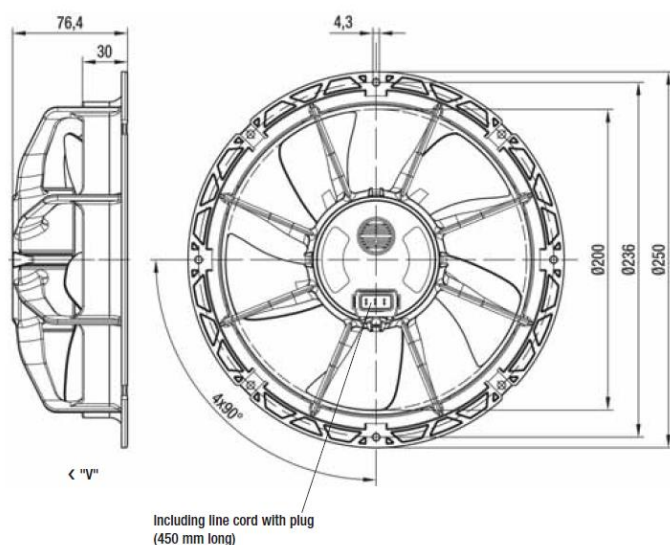
Dette notat kan endvidere med fordel læses i forlængelse af Marcin Andreasens (TI) notat vedrørende simuleringer af kuldebelastninger mv.

### Forbedringsforslag til Flaskekøler FKG 883

## Fordamperventilator

Flaskekølerens fordamperventilator er i tidligere tests målt til at have et varierende effektforbrug på ca. 15 W. Konstruktionsmæssigt er der tale om et simpelt og kostoptimeret produkt.

Et muligt alternativ til nuværende ventilator er en ebmpapst 230V energioptimeret aksialventilator med tilhørende ventilatorring med hulcirkeldiameter  $\varnothing$  235 mm (matcher hulcirkeldiameter på eksisterende ventilator)



Figur 9-18 ebmpapst ventilator

Denne ventilator fås med en kapacitet på  $500\text{m}^3/\text{h}$  ved et effektoptag på 7 W. Hvorvidt dette volumenflow er tilstrækkeligt er i skrivende stund svært at udtale sig om, da dette ikke findes i dokumentationen på nuværende ventilator.

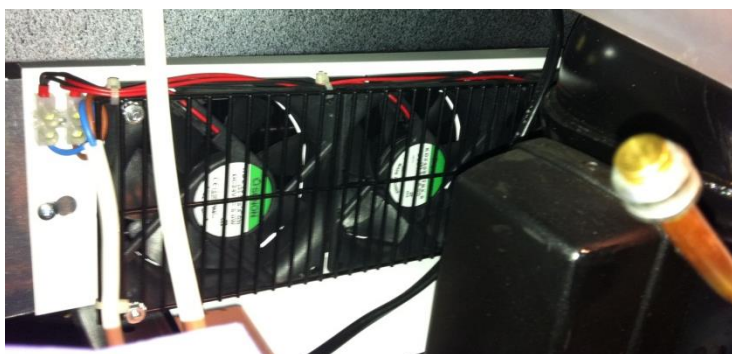
## Kondensatorventilator

På flaskekølerens kondensatorside er der på nuværende tidspunkt placeret 3 stk. 24V Ø 85 mm ventilatorer. Disse forbruger tilsammen 11,2 W under drift, ved et specificeret volumenflow på 3 x 100 m<sup>3</sup>/t.

De tre ventilatorer er placeret i flaskekølerens maskinrum bag kompressoren jævnfør Figur 9-19 og Figur 9-20. Den ene af de tre ventilatorer sidder placeret tæt på kompressoren, hvilket måske kan have den uheldige virkning af luftstrømmen henover 1/3 af kondensatoren er hæmmet en smule.

Kondenseringstemperaturen bør undersøges nærmere, såvel som det optimerede driftsforhold mellem et givent volumenflow henover kondensatoren og sammenhørende kondenseringstemperatur.

Som alternativ til nuværende løsning kan tænkes: 1) En enkelt større ventilatorer placeret forrest i maskinrummet med tragt / luftkanal til kondensator. 2) ventilation af kondensatoren fra en anden side. 3) Rygkondensator uden ventilator eller evt. med tangentialventilator.



Figur 9-19 "3 på stribe ventilatorer" placeret i flaskekølerens bund/maskinrum



Figur 9-20 "3 på stribe ventilatorer" med placering bag kompressor



## Belysning

Belysningen i flaskekøleren består af LED kæder placeret fortil i kølerummets top og sider. Disse forbruger under drift ca. 17,8 W. Led kæderne er endvidere ved en tidligere undersøgelse blevet termograferet, hvor det viste sig deres overfladetemperatur, der er ca. 15-17 K over omgivelsestemperatur. LED belysningen udgør derfor en belastning der skal bortkøles.

Det kan anbefales at undersøge markedet for evt. nyere LED kæder med større effektivitet og mindre varmeudvikling

## Forbedringsforslag til Vinkøler VKG 861

### Transformator

I vinkøleren sider der placeret 2 stk. ens transformatorer (Figur 9-22) til hhv. fordamperventilatorer og lys. I en tidligere test har disse vist en effektivitet på ca. 46 % ved fuldlast, hvilket ikke er imponerende.

En væsentlig forbedring kan opnås ved at anvende en switch mode strømforsyning med flere udgangsterminaler, så både ventilatorer og lys kører på den samme strømforsyning. Helt ideelt ville det være at placere en strømforsyning, som afbilledet Figur 9-21, udenfor vinkølerens kølerum med ledningsføring trukket ind til respektive komponenter. Herved ville den overskudsvarme, som genereres i større eller mindre grad i alle strømforsyninger, ikke udgøre nogen belastning der skal bortkøles.



Figur 9-21 Switch mode power supply





Figur 9-22 Blæserkasse assembly med transformatorer nederst i billedet.

### Konklusion

Der er i dette notat vist forskellige forslag til forbedringer på komponentniveau. Hvilke tiltag der i sidste ende viser sig fordelagtige afhænger af graden af ”opdatering” eller konstruktionsmæssige ændringer de respektive skabe skal gennemgå.

Det anbefales at teste flere af forslagene til forbedringer i klimakammer, for derved nøjagtigt at kunne fastslå de respektive forbedringers effekt på energiregnskabet.



## **9.5 Appendix E - Den samlede testrapport fra lab-test på TI Test af ombygget vinkøler (version 8)**

Samlet afrapportering af reference- og ombygningstest maj '11 – april '13

### ***Bosch KSW 38940***

april 2013

Emil Jacobsen, Teknologisk Institut

## Indledning

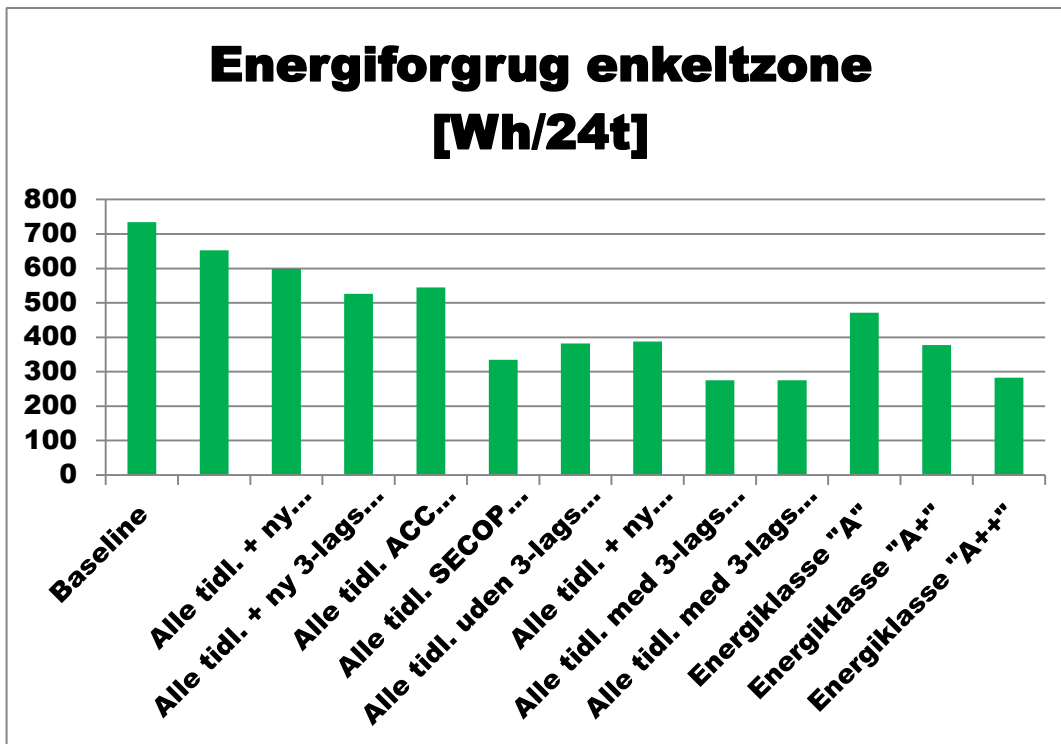
Nærværende rapport knytter sig til, sammenfatter og erstatter alle tidligere udsendte notater og rapporter vedrørende Bosch KSW 38940 vinkøler, herefter omtalt ”vinkøler”. Rapporten omfatter test af baseline udgave, såvel som forskellige ombyggede versioner af samme baseline udgave af vinkøleren.



I EUDP projektet ”Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler” er en af flere målsætninger for projektet at energioptimere vinkøleren og bringe den fra energiklasse ”B” til ”A” – gerne ”A+” for derved at gøre den mere konkurrencedygtig. Bosch vinkøleren er som udgangspunkt kendetegnet ved et minimalistisk og eksklusivt design, og en stor grad af funktionalitet. Eksempelvis kan vinkøleren indstilles i temperaturområdet +5°C til +22°C, såvel som det kan indstilles i enkelt- og tozone temperaturindstillinger. Omtalte enkelt- og tozone indstillingsmulighed har i projektforløbet givet anledning til debat om hvilken indstilling der danner grundlag for referencen. Nogen entydig konklusion er det ikke resulteret i, og vinkøleren er derfor testet i både enkelt- og tozone indstilling – dog hovedsageligt i enkeltzoneindstilling ved afprøvning af forskellige energibesparende tiltag.

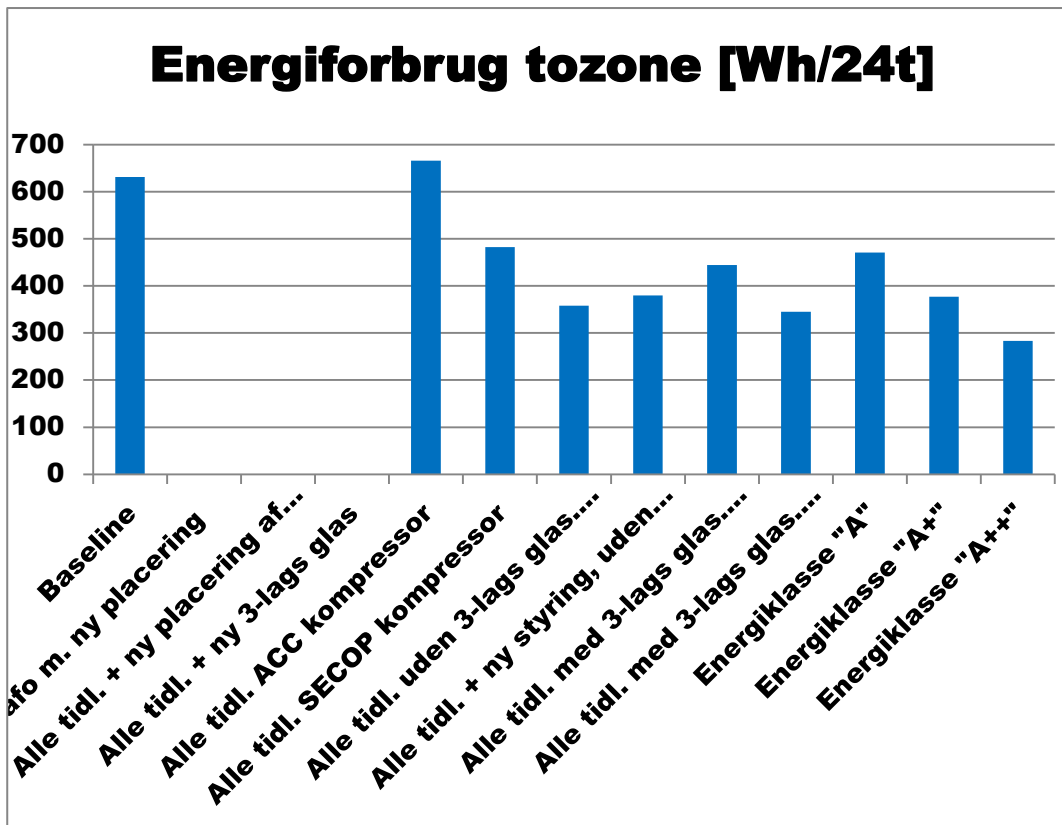
**Figur 9-23: Billede af Bosch KSW 38940 Vinkøler**

I projektforløbet er 10 forskellige energibesparende tiltag (Figur 9-24) blevet diskuteret, afprøvet, og analyseret, hvilket der er kommet flere interessante, såvel som lovende resultater ud af, som vil blive belyst nærmere i det følgende.



Figur 9-24 Energiforbrug ved implementering af forskellige energibesparende tiltag. Enkeltzone temperaturindstilling

Flere af de energibesparende tiltag, er blevet afprøvet ved enkeltzone indstilling, såvel som tozone temperaturindstilling. Hvorvidt enkelt- eller tozone temperaturindstilling har resulteret i lavest energiforbrug har varieret undervejs i testforløbet. Det er efterfølgende erkendt, at implementeringen af 3-lags glasdør resulterer i en ændret temperaturspredning i tozonedriften, der resulterer i indkobling af vinkølerens elvarmelegeme og dermed øget energiforbrug til følge.



Figur 9-25 Energiforbrug ved implementering af forskellige energibesparende tiltag. Tozone temperaturindstilling

## Testprocedure

Under test og afprøvning af energiforbrug er vinkøleren blevet testet i et akkrediteret laboratorium og klimakammer ved Teknologisk Institut i Taastrup i henhold til EN 15502. Resultaterne i denne rapport er fremkommet ved interpolation af målinger foretaget ved hhv. 12/12°C og 13/13°C termostatindstillinger for enkeltzone, og 16/5°C og 18/7°C termostatindstillinger for tozone. Dette bliver til mange målinger, da hvert enkelt tiltag skal måles to gange for både enkelt- og tozoneindstilling.

Ligeledes er der foretaget målinger af temperaturspredning i vinkølerens kølerum i fuldt pakket tilstand efter instruktion og pakkeplan fra Vestfrost Solutions med henblik på at afklare hvorvidt kravspecifikationer til temperaturfordeling i vinkøleren er overholdt ved konstruktive ændringer.

Energiforbruget for baseline enkeltzoneindstillingen vil i det følgende blive brugt som benchmark reference og sammenligningsgrundlag.

## Test 1: Baseline

Til etablering af en baseline blev der i maj/juni 2011 foretaget flere forskellige test af vinkøleren i et klimalaboratorium, både i enkelt- og tozone temperaturindstillinger med følgende resultater:



### Energitest enkeltzone, baseline

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,734 (Baseline reference enkeltzone)
Relativ gangtid	-
Energy efficiency index	85,8
Energiklasse	”C”
Omgivelsestemperatur [°C]	25

### Energitest tozone, baseline

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,631 (Baseline reference tozone)
Relativ gangtid	-
Energy efficiency index	73,7
Energiklasse	”B”
Afvigelse fra baseline [%]	- 14
Omgivelsestemperatur [°C]	25

Vinkøleren bruger mere energi i enkeltzone end ved tozoneindstillingen. Dette er dog ikke tilfældet i senere test, hvor kompressor med videre er udskiftet.

### **Temperaturlogging af kølesystem**

Der er i baseline testen ikke blevet monteret følere på kølesystemets fordamper- og kondensatorflader. Temperaturniveauerne i kølesystemet må dog formodes at være nær de niveauer der senere logges i forbindelse med ”Test 2: Udskiftning og flytning af ventilatortransformer.”

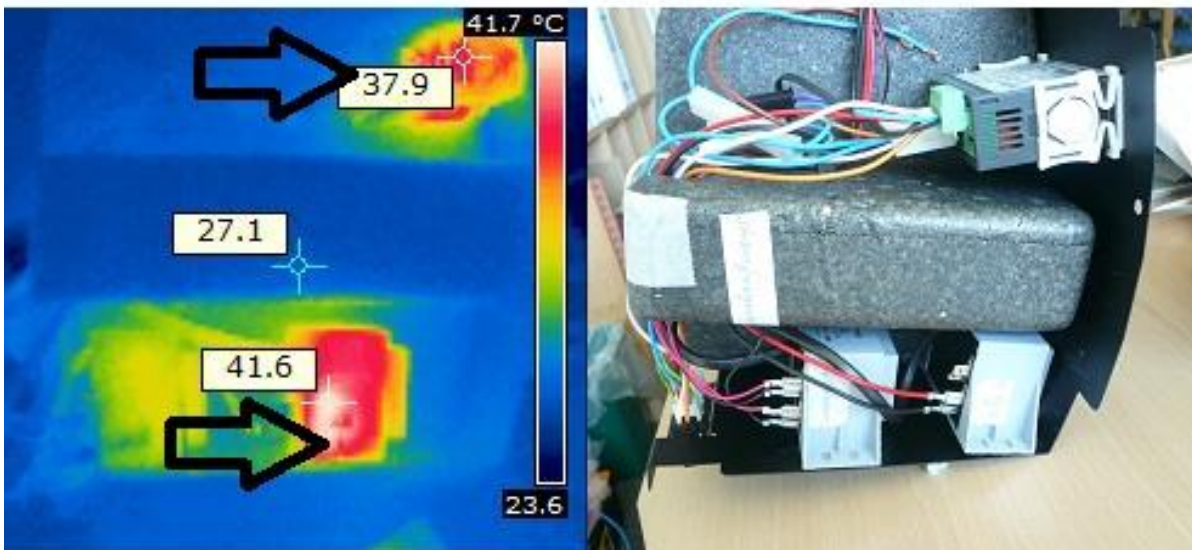
## Test 2: Udskiftning og flytning af ventilatortransformer

Efter etablering af baseline, blev ventilatortransformatoren erstattet af en switchmode udgave og monteret udenfor vinkølerens kølerum med følgende resultat for enkeltzoneindstilling:

### Energitest enkeltzone, ombygning trin I

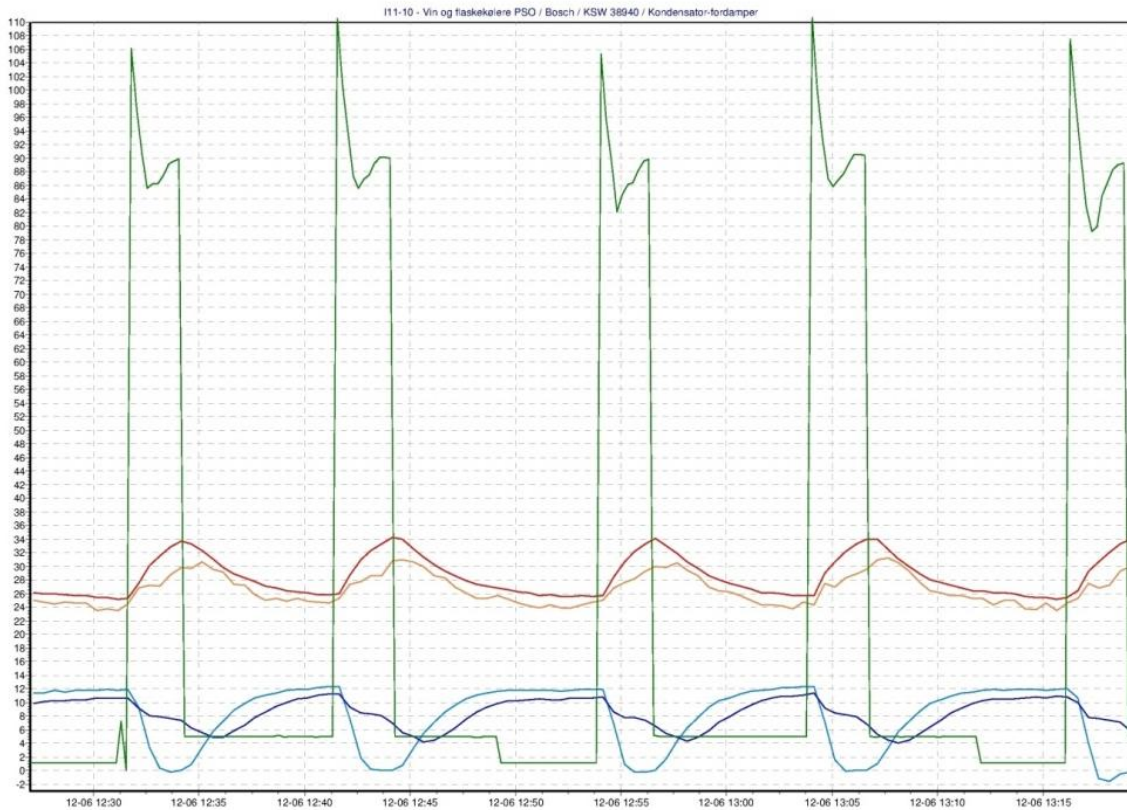
Energiforbrug [kWh/24 h]	0,653
Relativ gangtid	0,25
Energy efficiency index	76,3
Energiklasse	”C”
Afvigelse fra baseline [%]	- 11
Omgivelsestemperatur [°C]	25

Sammenlignes resultatet med den tilsvarende enkeltzonemåling fra Test 1: Baseline, ses det at energiforbruget reduceres med 11%. Årsagen til denne besparelse skyldes at switchmode strømforsyninger generelt er mere effektive, og at varmetabet fra ventilatortransformeren ikke længere afsættes i kølerummet med den nye placering. Størstedelen af reduktionen af energiforbruget skal dog findes i den nye placering af transformatoren og i mindre grad i den bedre effektivitet. Varmetabet fra ringkernetransformatoren, såvel som styring, ses tydeligt af nedenstående billede.



Figur 9-26: Billede af termografi af vinkølerens blæserunit. Transformator markeret ved nedre pil og styring ved øvre pil. Tillige angivelse (kryds) af overfladetemperaturer ved spotmålinger.

## Temperaturlogning, Test 2: Udskiftning og flytning af ventilatortransformer



Figur 9-27 temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere.

Af Figur 9-27 ses det at kølesystemets temperaturer opererer med en maksimal temperatur på overfladen af kondensatoren svarende til 34°C og på fordampere svarende til ca. 0°C ved kompressorstop. I enkelte cykler, ca. 3 gange i døgnet, når temperaturen på fordampere ned på -1,5°C. Kompressorens absolutte gangtid er ca. 3 min, og den relative gangtid ca. 20-25%.





### Test 3: Flytning af resterende elektronik og afmontering af fordamperventilator

Resultatet af udskiftningen og flytningen af ventilatortransformatoren talte sit tydelige sprog, og det blev besluttet at lave endnu en test hvor resterende elektronik (styring) blev flyttet ud af kølerummet og antallet af fordamperventilatorer reduceret fra 2 til 1 stk.

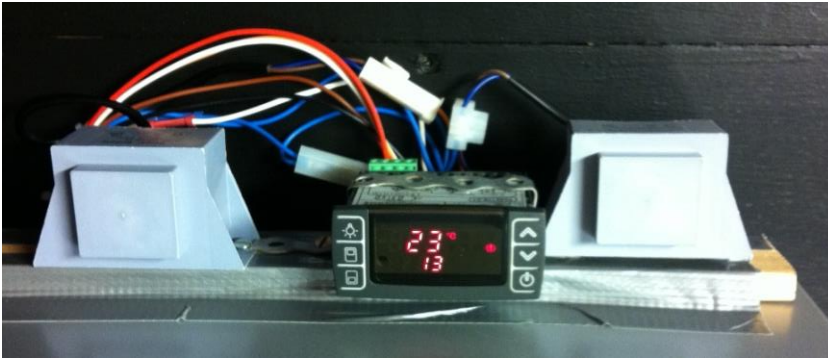
Indledningsvist viste der sig dog måletekniske vanskeligheder med switchmode-transformatorens strøm karakteristisk der er kendetegnet ved en meget høj crestfaktor, når der samtidigt kun er tilsluttet én ventilator. Af denne årsag blev switchmode-transformatoren til ventilatoren udskiftet med den oprindelige ringkernetransformator igen. Det er i det følgende desværre ikke muligt at lave et estimat af virkningen af switchmode-transformatoren, da den styres selvstændigt og til tider uafhængigt af kompressorkørslen. Den oprindelige ringkernetransformator er under denne, og efterfølgende test blevet genmonteret.

#### Energitest enkeltzone, ombygning trin II

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,599
Relativ gangtid	0,27
Energy efficiency index	70
Energiklasse	”B”
Afvigelse fra baseline [%]	- 18
Omgivelsestemperatur [°C]	25

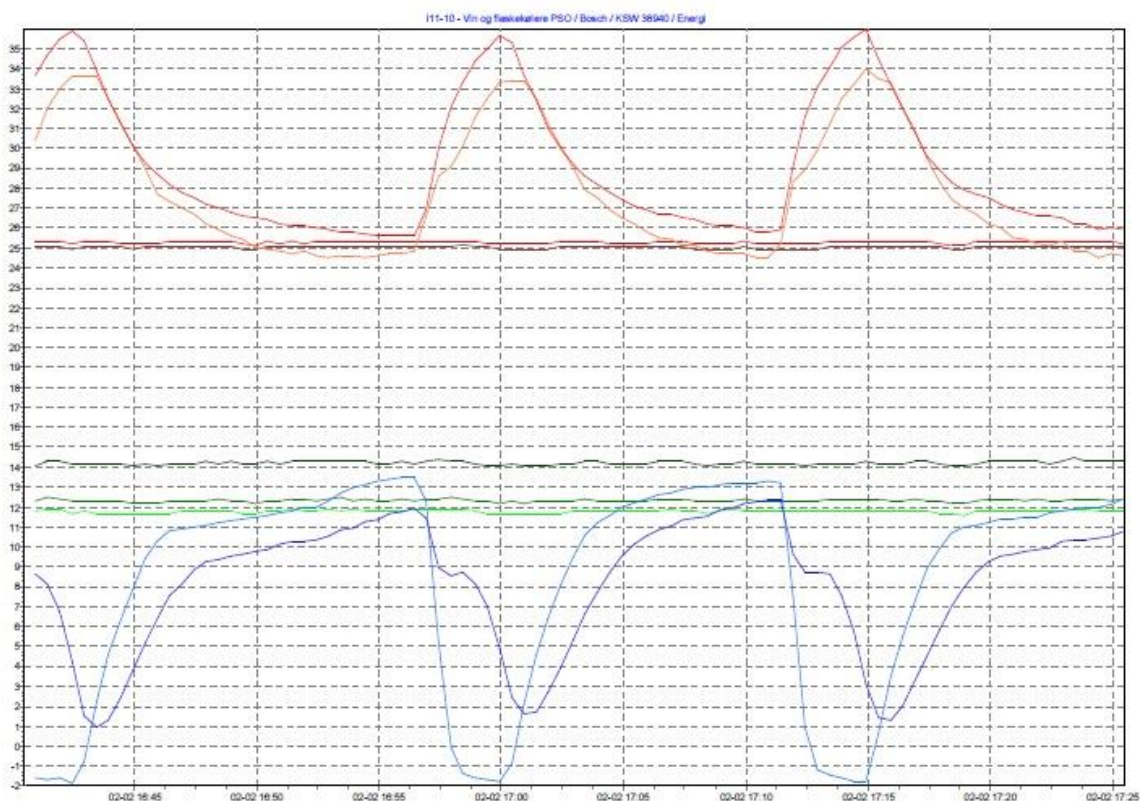
At flytte al elektronik ud af vinkølerens kølerum, samt reducere antallet af ventilatorer fra 2 til 1 resulterer i en samlet energibesparelse på 18 % i forhold til det oprindelige energiforbrug under enkeltzoneindstilling.

På Figur 9-28 ses den nye placering af elektronikken, der dårligt kan karakteriseres som ”minimalistisk og eksklusivt design”. Alternativ placering kan være maskinrum / under skabsdør.



Figur 9-28: Billede af ny placering af elektronik på v. side af vinkøler. NB! billede roteret 90° med uret

### Temperaturlogning, Test 3: Flytning af resterende elektronik og afmontering af fordamperventilator



Figur 9-29 temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordamper. Målepakker har grønne nuancer. (Warm run)

Af Figur 9-29 ses det at kølesystemets temperaturer tilnærmelsesvist er uændrede ift. driften med to ventilatorer (Figur 9-27). Temperaturerne i målepakkerne i kølerummet ser stabile ud, med den varmeste målepakke placeret på øverste hylde (ca. 13-14°C). Temperaturene af målepakkerne er



dermed indenfor kravspecifikationen på  $\pm 4$  K af temperaturindstillingen. Dog kan temperaturlagdelingen ændres når vinkøleren pakkes fuldt ud med vinflasker, grundet luftomrøringen i kølerummet hæmmes. Dette emne belyses nærmere senere i nærværende rapport i afsnittet ”Test 5: Undersøgelse af temperaturspredning i fuldt pakket skab med én ventilator”

#### Test 4: Udskiftning af glasdør

For yderligere at reducere energiforbruget er den oprindelige 2-lags glasdør blevet udskiftet med en 3-lags glasdør med lav-emissiv belægning. Reelt har 2 forskellige 3-lags døre været diskuteret undervejs i projektet – én med 10 mm mellem glassene, og én med 12 mm mellem glassene. Der er førstnævnte 10 mm version der er blevet testet. Dette af hensyn til pasning af tætningslister og bevarelse af pakningsdybde til vinflasker.

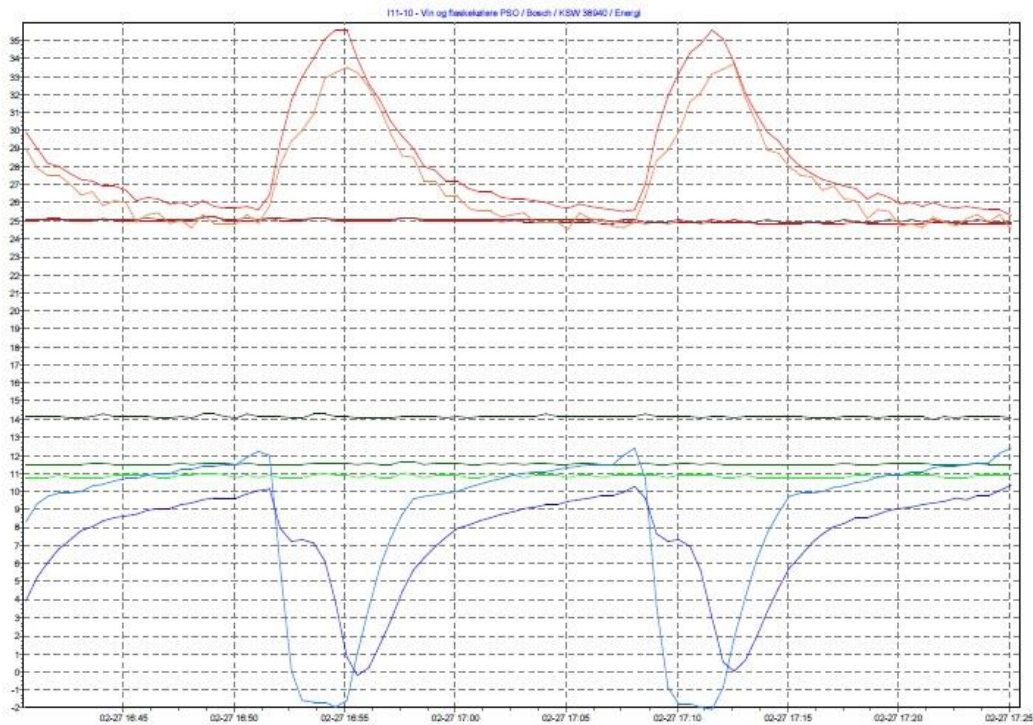
##### Energitest enkeltzone, ombygning trin III

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,526
Relativ gangtid	0,25
Energy efficiency index	61,5
Energiklasse	”B”
Afvigelse fra baseline [%]	- 28
Omgivelsestemperatur [°C]	25

I forhold til den oprindelige baseline udgave er energiforbruget i enkeltzonedrift nu reduceret med 28%.

Den nye 3-lags glasdør er tungere end den tilsvarende 2-lags, men dette synes ikke at have resulteret i nogen form for ustabilitet eller tipping af vinkøleren ved åbning af denne.

## Temperaturlogning, Test 4: Udskiftning af glasdør



**Figur 9-30** temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordamper. Målepakker har grønne nuancer. (Cold run)

Af Figur 9-30 ses det at kølesystemets temperaturer til stadighed synes uændrede ift. tidligere.

### Test 5: Undersøgelse af temperaturspredning i fuldt pakket skab med én ventilator

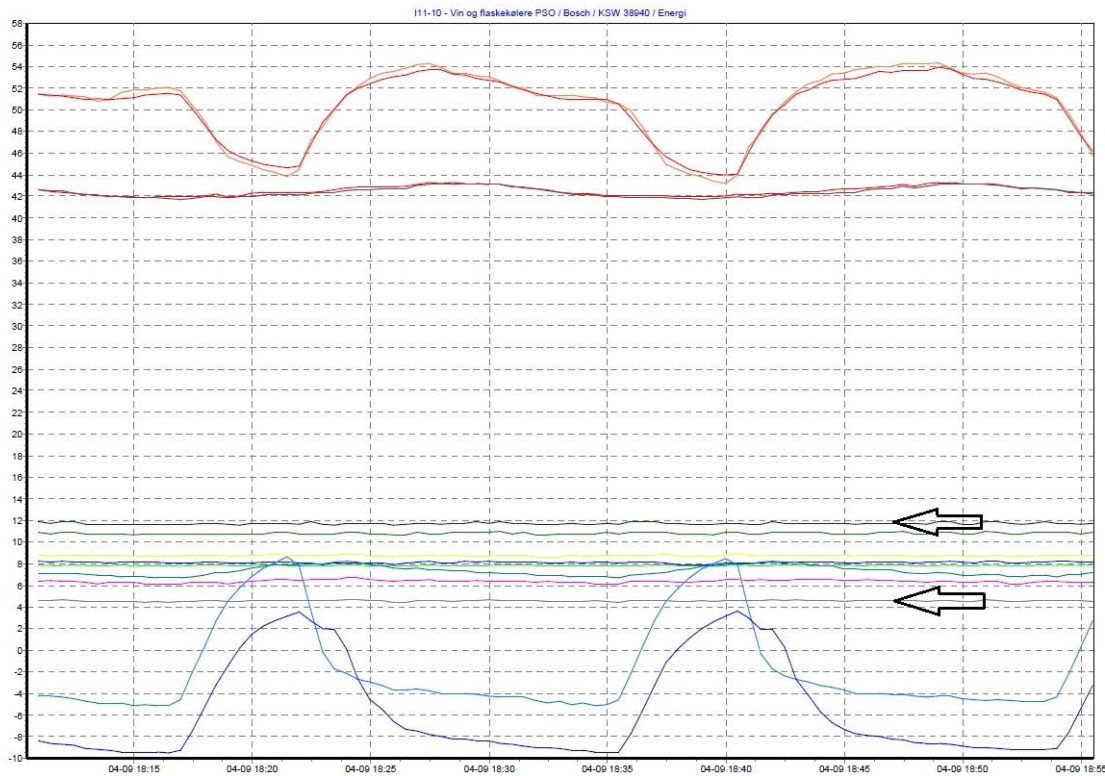
Luftomrøringen i vinkøleren må formodes at blive mindre, når skabet kører med 1 ventilator i stedet for 2 stk. Denne mindskede luftomrøring kan have indflydelse på temperaturlagdelingen i skabet og derved temperaturen af de enkelte flasker, der er pakket heri. For at undersøge dette nærmere, og hvorvidt kravspecifikationen er overholdt, er den ombyggede vinkøler i denne test blevet placeret i en omgivelsestemperatur på 43°C og pakket tæt med 198 vinflasker (Figur 9-31), hvoraf 8 med termofølere jævnt fordelt i vinkølerens top midt og bund.

Temperaturindstillingen i denne test er 5/8°C (øvre/nedre).



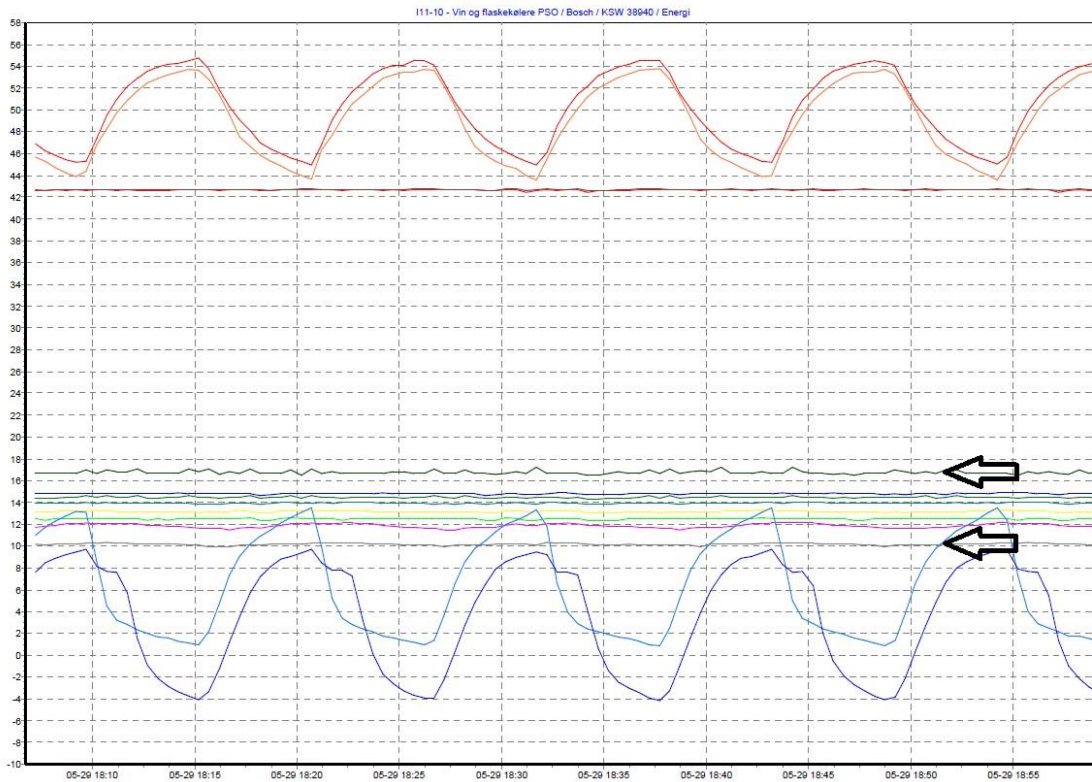
**Figur 9-31: Billede af vinkøler pakket med 198 vinflasker indeholdende vand**

Resultatet af denne test viste, noget overraskende, at temperaturspredningen er indenfor kravspecifikationen til temperaturspredning på  $\pm 4\text{K}$  ved en omgivelsestemperatur på 43°C og laveste mulige temperaturindstilling. (se Figur 9-32). Dog viste vinkølerens styringsdisplay fejlkoden "heat 13 C" i øverste linje, hvilket kunne tyde på at styringen er mindre "tolerant" end kravspecifikationen, eller at styringens temperatursensor sidder placeret lidt varmere end den varmeste vinflaske. Se evt. Figur 9-32.



**Figur 9-32** Temperaturer af flasker, markeret med pile, og kølesystem. Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordamper. Indstilling 5/8°C

For at undersøge spredningen ved kørsel med 2 ventilatorer blev ventilator nr. 2 genmonteret og vinkøleren igen testet ved 43°C, dog med en temperaturindstilling på 12/12°C. (Figur 9-33)



Figur 9-33 Temperaturer af flasker, markeret med pile, og kølesystem. Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordamper. Indstilling 12/12°C



## Test 6: Udskiftning af kompressor – ACC HXD55AA

En nyere og mindre kompressor ACC HXD55AA er blevet monteret og testet, da den ifølge producenten har en bedre virkningsgrad. Dette med følgende resultat:

### Energitest enkeltzone, ombygning trin IV

Energiforbrug	[kWh/24 h]	0,545
Relativ gangtid		0,15
Energy efficiency index		63,7
Energiklasse		”B”
Afvigelse fra baseline	[%]	- 26
Omgivelsestemperatur	[°C]	25

### Energitest tozone, ombygning trin IV

Energiforbrug [kWh/24 h]		0,666
Relativ gangtid		0,3
Energy efficiency index		77,8
Energiklasse		”C”
Afvigelse fra baseline	[%]	- 9
Omgivelsestemperatur	[°C]	25

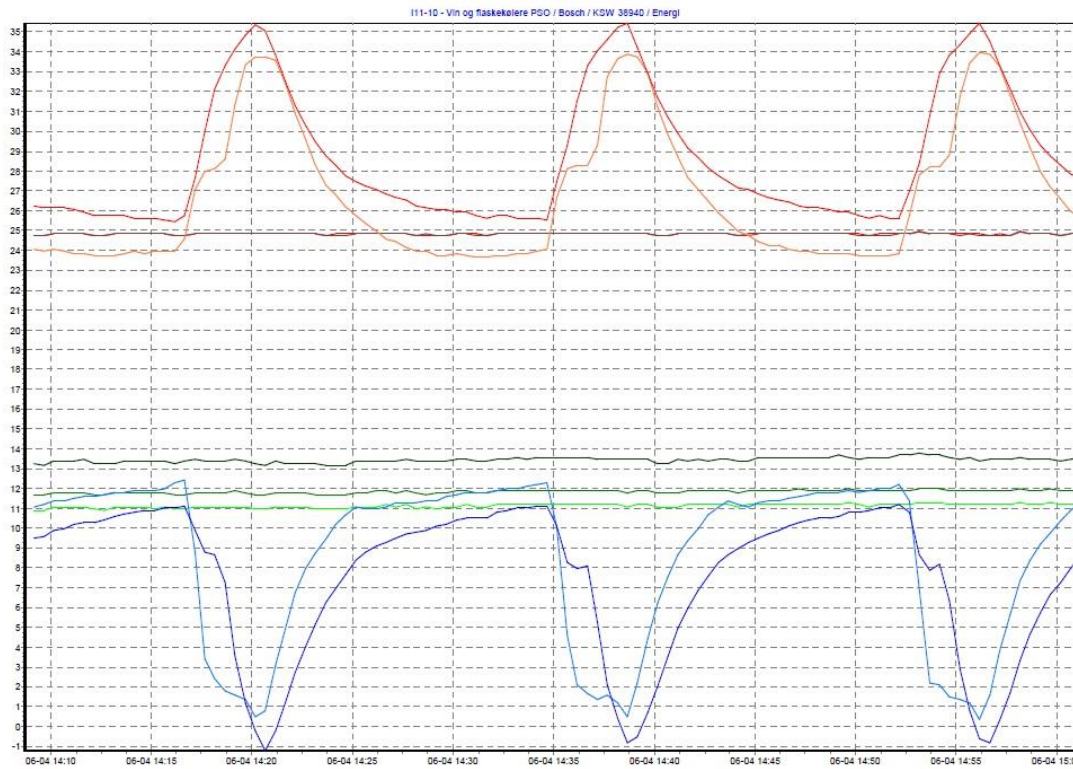
Effekten af at skifte kompressor synes at være udeblevet, faktisk er energiforbruget blevet let øget ift. enkeltzoneindstillingen test 5. Årsagerne hertil kan være mange, f.eks. produktionsvariationer mv. Forud for testen og energimålingen blev kølesystemet fyldt med ca. 58 g R600a, hvilket burde være nær den ideelle fyldning. Tilmed er det efterfølgende forsøgt at mindske denne fyldning med ca. 2-3 g, men uden resultat.

Hvad der dog virker om end mere besynderligt, er det faktum, at det nu er enkeltzoneindstillingen, der bruger mest energi sammenlignet med tozoneindstillingen. Det omvendte gjorde sig gældende i test 1.

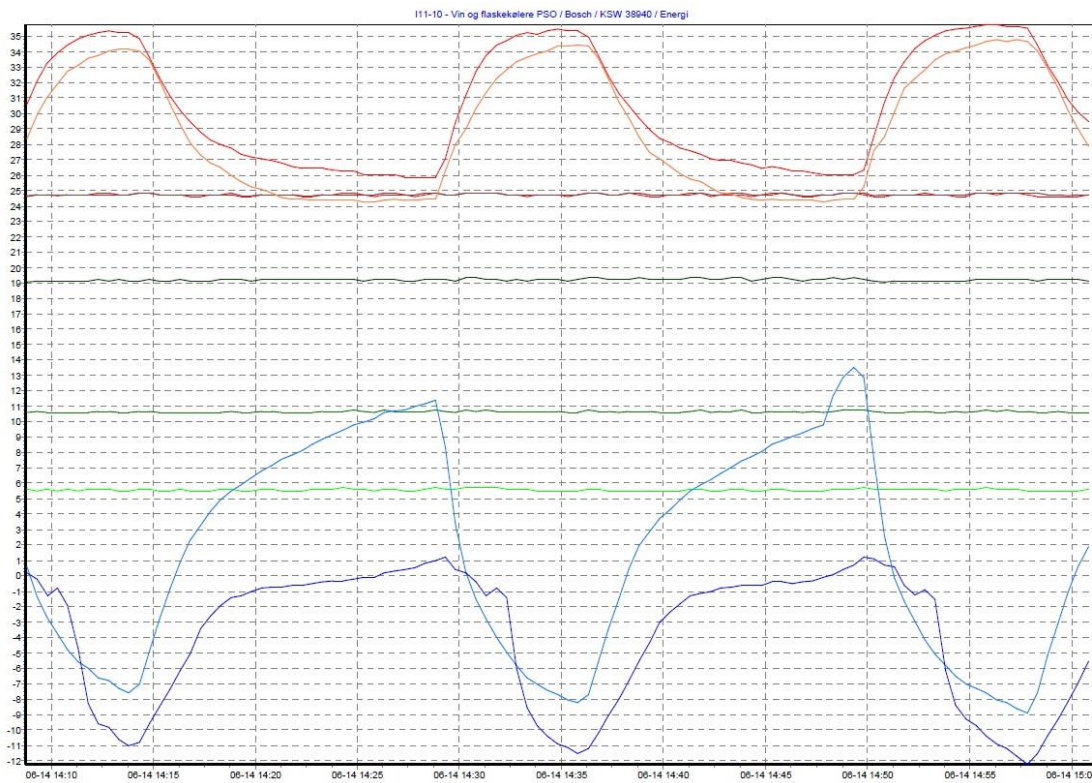




## Temperaturlogning, Test 6: Udskiftning af kompressor – ACC HXD55AA



Figur 9-34 temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere. Målepakker har grønne nuancer. (warm run)



**Figur 9-35 temperaturlogning, tozoneindstilling (+18/+7°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidt og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere.**



## Test 7: Udskiftning af kompressor – SECOP XV5K

En ny prototype og markant mindre frekvensreguleret kompressor SECOP XV5K er monteret i juni 2012 og efterfølgende testet. Dette med følgende resultat:

### Energitest enkeltzone, ombygning trin V

Energiforbrug [kWh/24 h]		0,335
Relativ gangtid		0,46
Energy efficiency index		39,1
Energiklasse		”A+”
Afvigelse fra baseline	[%]	- 54
Omgivelsestemperatur	[°C]	25

### Energitest tozone, ombygning trin V

Energiforbrug [kWh/24 h]		0,482
Relativ gangtid		0,71
Energy efficiency index		56,3
Energiklasse		”B”
Afvigelse fra baseline	[%]	- 34
Omgivelsestemperatur	[°C]	25

I forhold til tidligere afprøvede kompressorer er SECOP prototypen er energiforbruget i enkeltzone indstillingen markant reduceret, faktisk så meget at der opstod tvivl om resultatet. Dette resultat er derfor efterfølgende blevet kontrolleret via en Ferraris elmåler, og fundet i overensstemmelse med det allerede målte.



Figur 9-36: Billede af SECOP kompressor monteret i vinkølerens maskinrum. Rigeligt med plads

Som det var tilfældet i foregående test (Test 6) ses en relativ stor forskel i energiforbruget mellem enkelt- og tozoneindstillingerne. Særligt i denne test. Undersøges logningsdata nærmere findes en meget sandsynlig forklaring, at varmelegemet periodevist tænder under kompressorkørslen (se evt. effektkurver mv. næste afsnit).

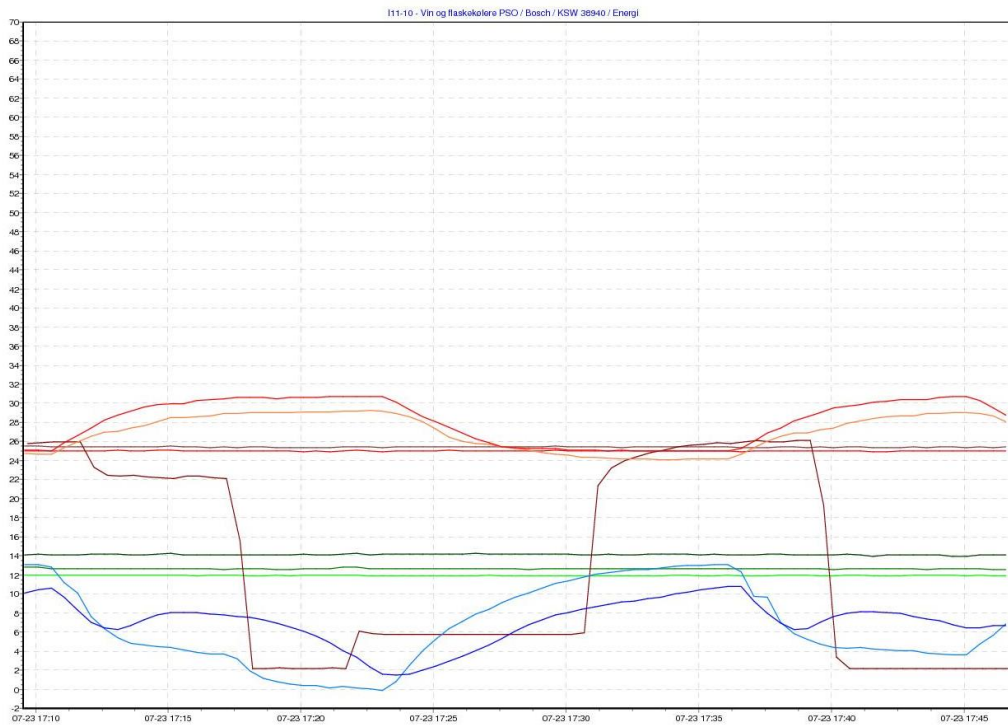
Under tesen, at kompressoren vil bruge mindre energi ved længere driftsperioder, var kompressoren indstillet til at køre med et omdrejningstal ml. 1000-1500 rpm under testen. Dette har resulteret i lange perioder med en kølig fordamperflade, der kan have forårsaget at varmelegemet er tændt. Dette for at opretholde en tilstrækkelig varm temperatur i vinkølerens top i tozoneindstillingen. Omdrejningstallet har været statisk under test og det er endnu ikke blevet afprøvet hvilken indvirkning et højere omdrejningstal, og deraf kortere kompressorkørsler, vil have på temperaturfordeling i top og bund såvel som på energiforbruget. Umiddelbart ville det være mest hensigtsmæssigt at vinkølerens styring også styrer kompressorens omdrejningstal for optimal drift ift. omgivelsesbetingelser, last, mv., men dette har ikke været muligt at implementere under testen, hvor et eksternt statisk frekvenssignal har været styrende for omdrejningstallet. (Figur 9-37)



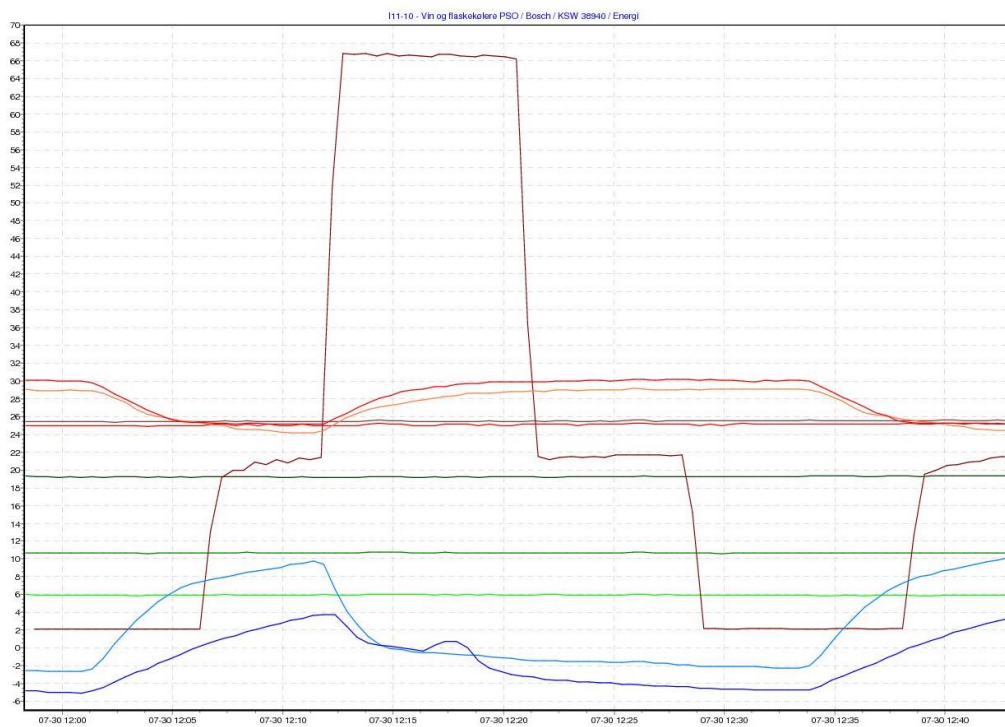
Figur 9-37: Billede af frekvensgenerator til styring omdrejningstal anvendt under test af SECOP kompressor



## Temperaturlogning, Test 7: Udskiftning af kompressor – SECOP XV5K



Figur 9-38 temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere. Målepakker har grønne nuancer.





Figur 9-39 temperaturlogning, tozoneindstilling (+18/+7°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere. Et tydeligt forøget effektforbrug (figurens midte) forårsages sandsynligvis af vinkølerens varmelegeme.

### Test 8: SECOP XV5K kompressor med 2-lags glasdør

Grundet 3-lags glasdørens øgede vægt og omkostning, søges det i denne test afklaret hvorvidt den seneste prototype med SECOP XV5K kompressor kan bibeholde energiklasse "A+" mærkningen med den oprindelige 2-lags glasdør.

Kompressoren blev under test sat til at køre ca. 1000 RPM (35 Hz).

#### Energitest enkeltzone, ombygning trin VI

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,382
Relativ gangtid	0,55
Energy efficiency index	44,6
Energiklasse	"A"
Afvigelse fra baseline [%]	- 48
Omgivelsestemperatur [°C]	25

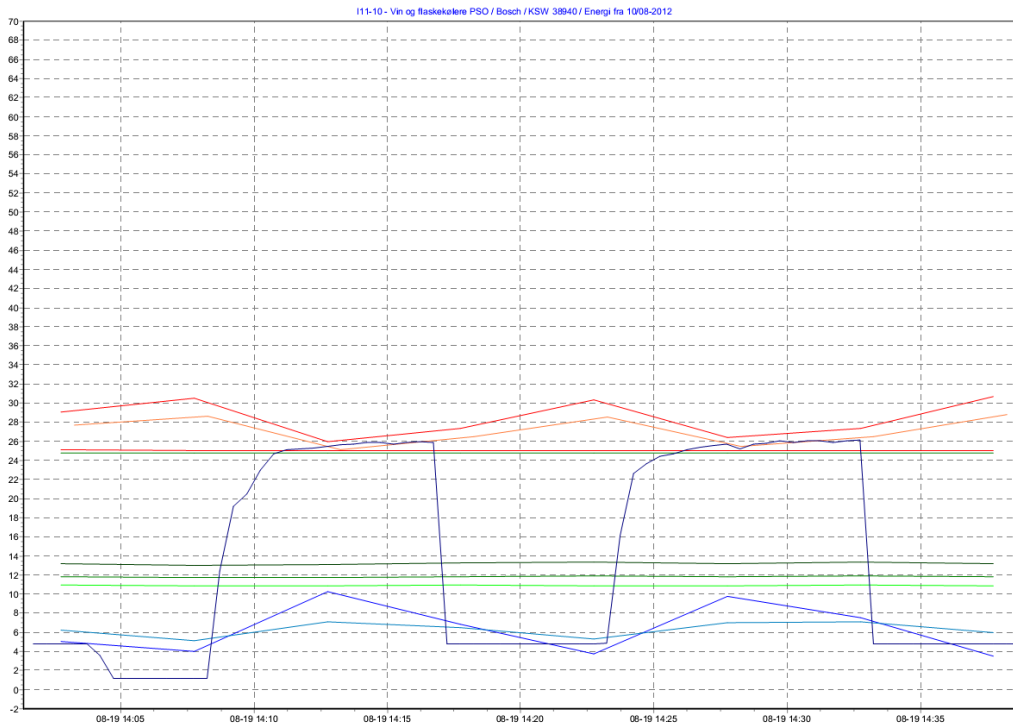
#### Energitest tozone, ombygning trin VI

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,358
Relativ gangtid	0,70
Energy efficiency index	41,9
Energiklasse	"A+"
Afvigelse fra baseline [%]	- 43
Omgivelsestemperatur [°C]	25

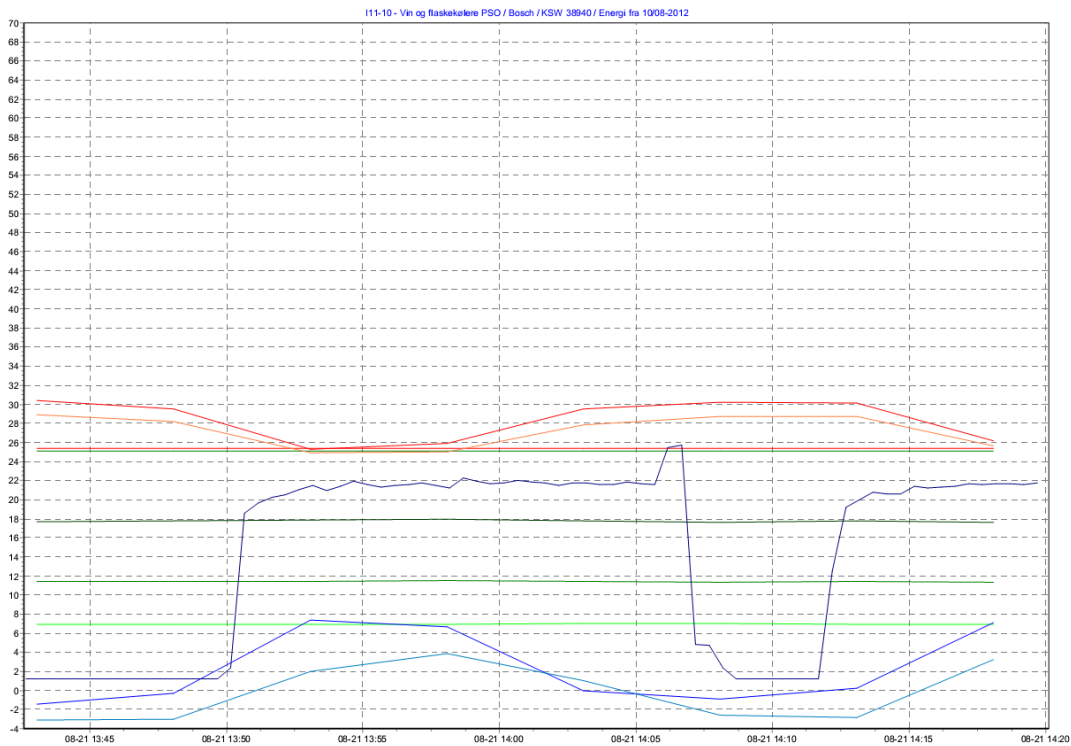
Energy efficiency index'et på 44,6 for enkeltzone indstillingen ligger lige akkurat over grænsen for "A+" (44,4) og 3-lags døren er derfor nødvendig for at opretholde en "A+" mærkning. Der skal dog ikke meget til at ændre dette.



## Temperaturlogning, Test 8: SECOP XV5K kompressor med 2-lags glasdør



Figur 9-40 temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere. Målepakker har grønne nuancer.



Figur 9-41 temperaturlogning, tozoneindstilling (+18/+7°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere.





## Test 9: Udskiftning af kompressorstyring – SECOP XV5K

I denne test er frekvensgeneratoren anvendt til statisk omdrejningstalsregulering af SECOP XV5K kompressoren udskiftet med en nyudviklet og generisk SECOP styring med dynamisk omdrejningstalsregulering.

### Energitest enkeltzone, ombygning trin VII

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,388
Relativ gangtid	0,7
Energy efficiency index	45,3
Energiklasse	”A”
Afvigelse fra baseline [%]	- 47
Omgivelsestemperatur [°C]	25

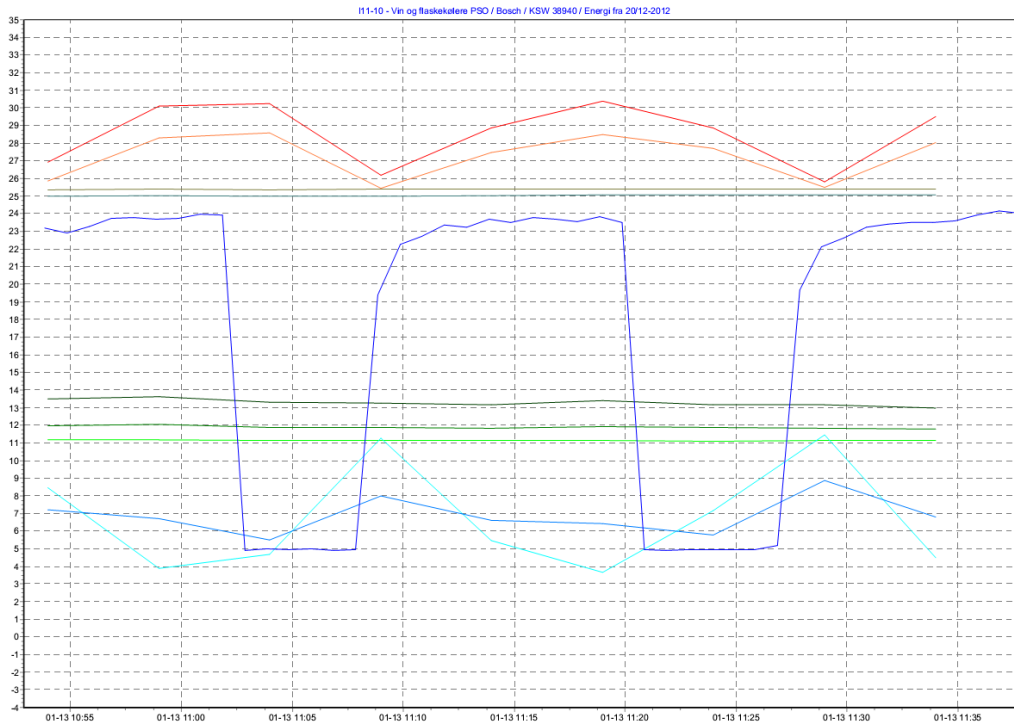
### Energitest tozone, ombygning trin VII

Energiforbrug [kWh/24 h]	0,380
Relativ gangtid	0,80
Energy efficiency index	44,4
Energiklasse	”A”
Afvigelse fra baseline [%]	- 34
Omgivelsestemperatur [°C]	25

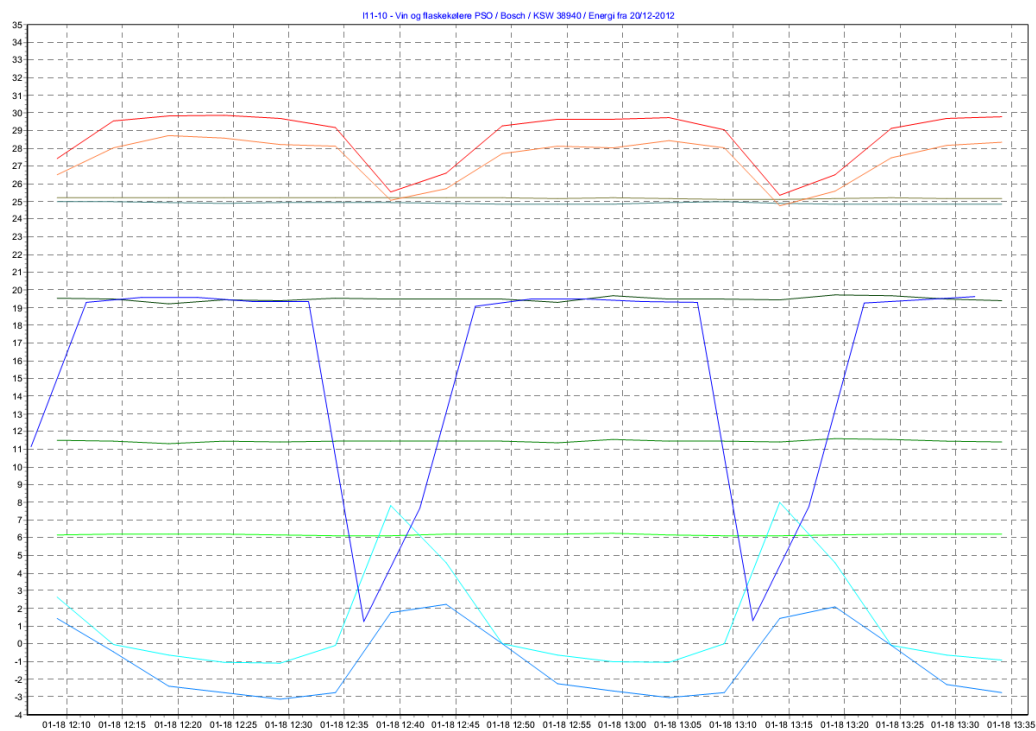
Den nye kompressorstyring fungerer fint. Kompressoren ser ud til at køre ved laveste omdrejningstal, og intermitterende drift (on/off) ved enkelt- og tozonedrift.



## Temperaturlogning, Test 9: Udskiftning af kompressorstyring – SECOP XV5K



Figur 9-42 temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordamper. Målepakker har grønne nuancer.



Figur 9-43 temperaturlogning, tozoneindstilling (+18/+7°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordamper. Bemærk nyt tidsakseinterval.



## Test 10: Samtlige modifikationer og forbedringer implementeret

I denne test afprøves besparelspotentialet af samtlige forbedringer implementeret på én gang. Dvs. 3-lags glasdør, switch mode trafo til ventilator, kun én ventilator, flytning af elektronik fra kølerum, SECOP XV5 kompressor og opdateret styring med dynamisk omdrejningstalsregulering til denne.

Testen er udført både for enkelt- og tozone temperaturindstillinger.

### Energitest enkeltzone, ombygning trin VIII

Energiforbrug [kWh/24 h]		0,275
Relativ gangtid		0,82
Energy efficiency index		32,1
Energiklasse		"A++"
Afvigelse fra baseline	[%]	- 62,5
Omgivelsestemperatur	[°C]	25

### Energitest tozone, ombygning trin VIII

Energiforbrug [kWh/24 h]		0,444
Relativ gangtid		0,81
Energy efficiency index		51,9
Energiklasse		"A"
Afvigelse fra baseline	[%]	- 29,6
Omgivelsestemperatur	[°C]	25

Som forventet resulterer alle forbedringer i et væsentligt reduceret energiforbrug, men kun på enkeltzone temperaturindstillingen. På tozone temperaturindstillingen øges energiforbruget lidt sammenlignet med test nr. 9., hvilket sandsynligvis skyldes elvarmelegemet har kørt under driften. Se evt. Figur 9-45.

Indflydelsen af varmelegemet er efterfølgende blevet undersøgt nærmere ved at frakoble dette under gentagelse af energitest ved tozonedrift:

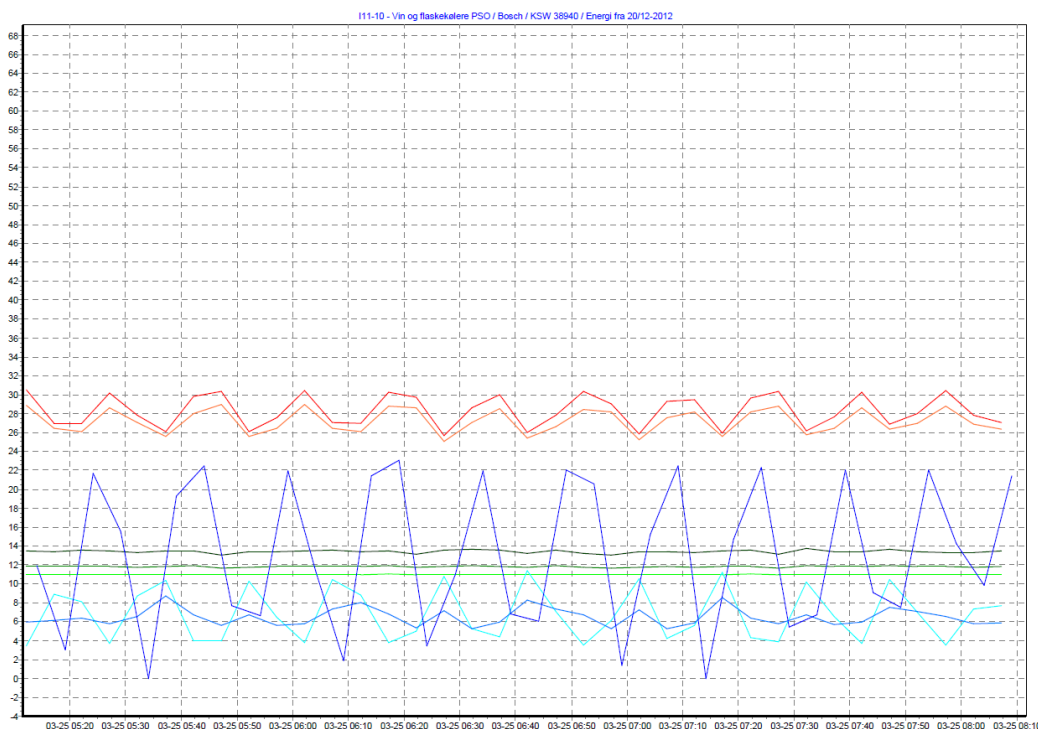


### Energitest tozone, ombygning trin VIII – Uden varmelegeme

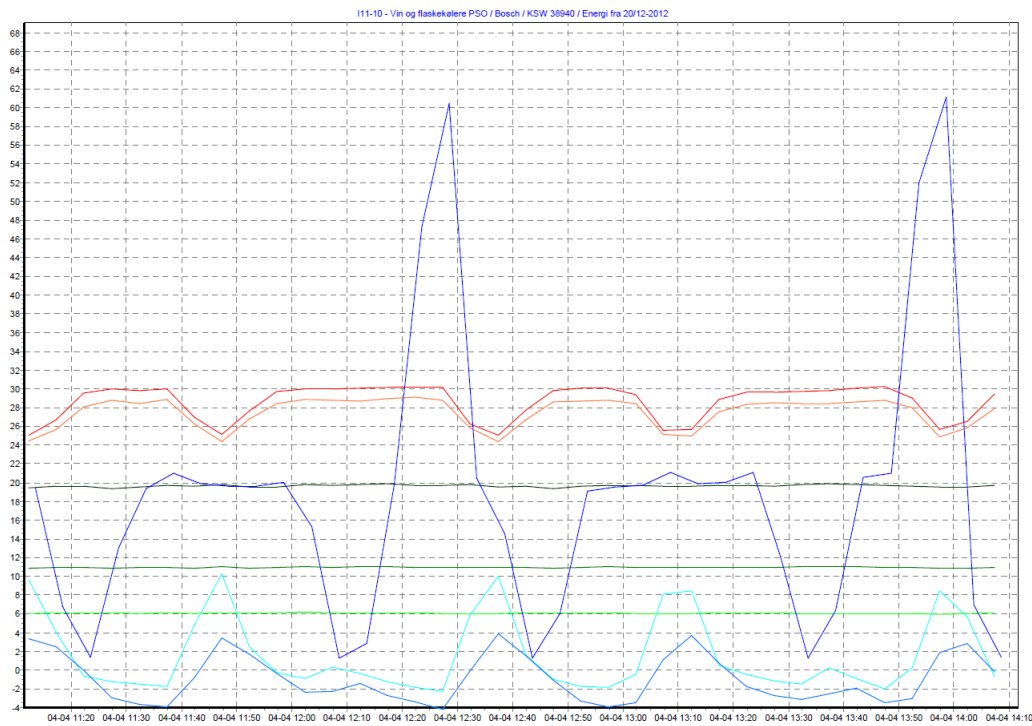
Energiforbrug [kWh/24 h]	0,345
Relativ gangtid	0,76
Energy efficiency index	40,3
Energiklasse	”A+”
Afvigelse fra baseline [%]	- 45,3
Omgivelsestemperatur [°C]	25

Resultatet af frakoblingen af varmelegemet var en markant reduktion af energiforbruget fra 444 Wh/24h til 345 Wh/24h, og en mindre ændring af temperaturen på ca. 1 K øverst i vinkøleren. Jf. Figur 9-46.

### Temperaturlogning, Test 10: Samtlige modifikationer og forbedringer implementeret



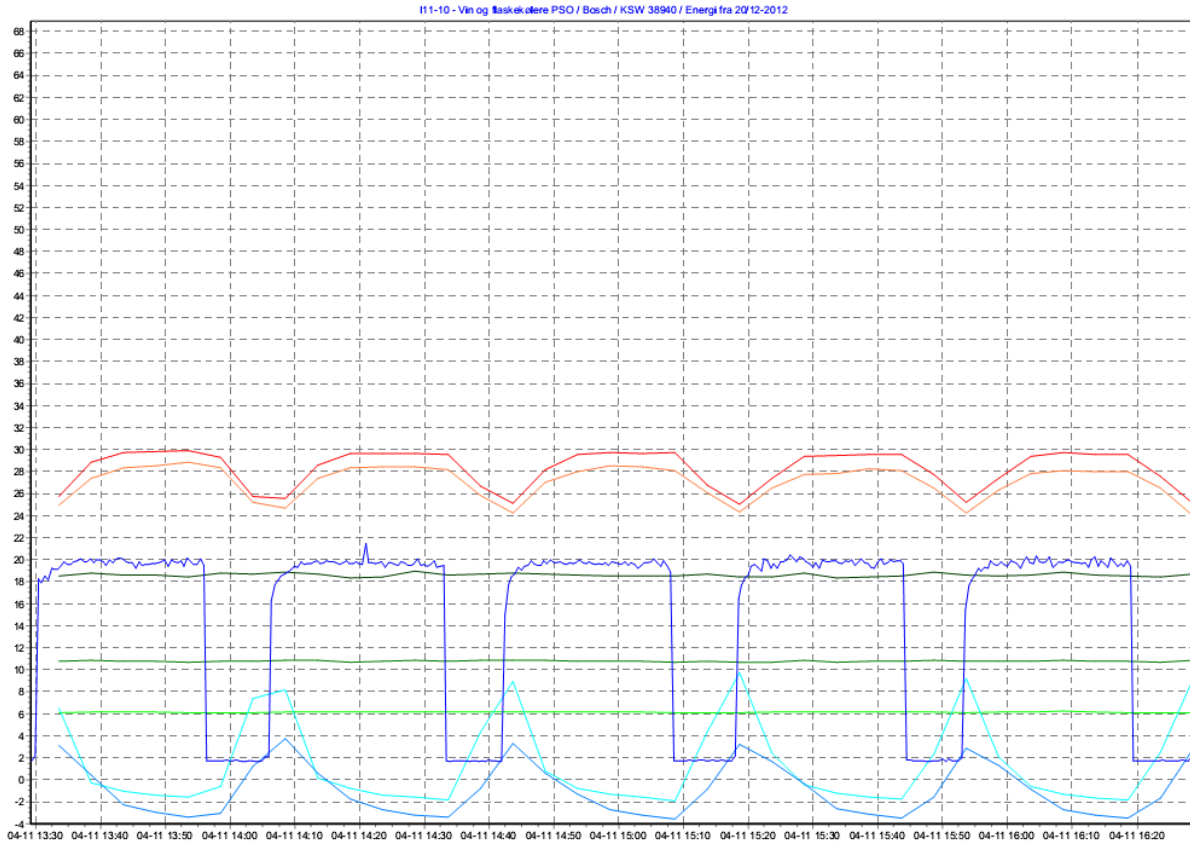
Figur 9-44 temperaturlogning, enkeltzoneindstilling (+12/+12°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere. Målepakker har grønne nuancer.



Figur 9-45 temperaturlogning, tozoneindstilling (+18/+7°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampner. "Effektspidser" må formodes at være elvarmelegemet, der aktiveres af styringen.



## Temperaturlogning, Test 10: Samtlige modifikationer og forbedringer implementeret – uden elvarmelegeme



Figur 9-46 temperaturlogning, tozoneindstilling (+18/+7°C). Rød/orange er hhv. kondensatormidte og kondensatorudløb. Blå/lilla er hhv. top og bund af fordampere. "Effektspidser" relateret til elvarmelegemet er forsvundet (se evt. Figur 9-45), og temperaturen i skabets øverste del/øverste målepakke er faldet ca. 1 K.



## Log

		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 6	Test 7	Test 9
		Baseline	Trafo	Styring + ventilator	3-lags glasdør	ACC	SECOP XV5K	Ny XV5K styring
<b>Energiforbrug</b>	[Wh/24t]	734	653	599	526	545	335	388
<b>EEl</b>	[-]	85,8	76,3	70	61,5	63,7	39,1	45,3
<b>Forbedring ift. baseline</b>	[%]	0	-11	-18,4	-28,3	-25,8	-54,4	-47

		Test 10
		Alle forb.
<b>Energiforbrug</b>	[Wh/24t]	275
<b>EEl</b>	[-]	32,1
<b>Forbedring ift. baseline</b>	[%]	-62,5

Tabel 9-6 Samlet oversigt over testresultater, enkeltzonedrift 12/12 °C

26-5-2011 – 16-1-2012

Der er eftervist besparelser ved at flytte komponenter ud af vinkølerens kølerum til maskinrum, reducere antallet af fordamperventilatorer, og udskifte glasdøren er blevet eftervist. Dette er sket uden at temperaturer i kølerum og kølekreds er ændret nævneværdigt. Til gengæld er energiforbruget reduceret fra 734 Wh pr. døgn til 526 Wh pr. døgn svarende til en energibesparelse på 28,3 %

31/5-2012

ACC HDX55AA kompressoren har efterfølgende vist sig ikke at levere den forventede energibesparelse.

10/7-2012

Den nye prototype SECOP XV5K kompressor er blevet monteret og skabet er nu overbevisende nået energiklasse "A+".

10/8-2012

Gammel 2-lags glasdør igen monteret for at undersøge, om det er muligt (med den nye SECOP-kompressor) at opnå energiklasse A+, hvilket efterfølgende har vist sig ikke at være tilfældet.



20/12-2012

Frekvensgeneratoren anvendt til statisk omdrejningstalsregulering af SECOP XV5K kompressoren udskiftet med en nyudviklet og generisk SECOP styring med dynamisk omdrejningstalsregulering. Kører fint.

20/3-2013

Alle forbedringer implementeret på én gang. Dvs. 3-lags glasdør, switch mode trafo til ventilator, kun én ventilator, flytning af elektronik fra kølerum, SECOP XV5 kompressor og opdateret styring med dynamisk omdrejningstalsregulering.

Rekord på enkeltzone temperaturindstilling, men let øget energiforbrug på tozone grundet elvarmelegeme.

12/4-2013

Det er blevet afprøvet at frakoble elvarmelegemet i forbindelse med tozonedrift og setpunktet 18/7 °C. Resultatet blev at temperaturen i øverste målepakke faldt ca. 1 K.

### **Konklusion**

Vinkølerens energiforbrug kan reduceres med mere end 50 % ved forskellige energibesparende tiltag. I særdeleshed ved brug af ny SECOP XV5K frekvensreguleret kompressor. Alene denne står for en besparelse på 36,3 % af energiforbruget sammenlignet med test 4 (for enkeltzoneindstilling 12/12 C).

For to-zoneindstilling gælder, at der er sparet 43,2% ved følgende tiltag: Skift til SECOP XV5K, udtagning af elektronik fra skabet, kørsel med én ventilator.

Energiklasse "A+" er meget tæt på at kunne nås med en 2-lags glasdør. "A++" kan nås med brug af alle afprøvede forbedringer inkl. 3-lags glasdør.



## 9.6 Appendix F - Forslag til måleudstyr Vinkøler projekt: Field test instrumentering

Frederik Bramsen, Teknologisk Institut

Dette notat indeholder kort beskrivelse af det måleudstyr som tænkes brugt til at opsamle data under field test af vinkølerne.

### Temperaturmålinger

Tre temperaturloggere skal bruges. To placeres inde i vinkøleren og skal placeres i top og bund. En anden logger skal registrere omgivelsernes temperatur.

Vi foreslår at der bruges simple Gemini Tinytag Talk loggere som manuelt skal tømmes for data.



De kan nemt monteres på undersiden af hylderne med strips (som vist på billedet).

Den anden Tinytag logger, skal placeres så den måler den mest nøjagtige omgivelsestemperatur. En smart løsnings skal findes så den eventuelt kan fastmonteres oven på køleren. Teknologisk Institut kan sandsynligvis finde det nødvendige antal af disse Gemini Tinytag loggere frem til projektet.

Vi har i hvertfald 60+ Tinytags, men det skal i nær fremtid undersøges om de alle fungerer. Der skal købes et nyt batteri til dem alle sammen. Derudover skal de kalibreres inden

projektets start.

### Vinkølerens energiforbrug

For at måle energiforbruget foreslår vi at der benyttes en energimåler som ses på nedenstående billede. Energiforbruget aflæses manuelt på displayet. Vi har 20+ antal til rådighed og altså nok til



projektet. De placeres mellem stikkontakten og vinkølerens egen strømforsyning og de bruger shucko stik.

Energimåleren dimensionerne på ca: 55x60x80 mm

### Døråbninger

Vi finder det relevant for field testen at måle antallet af døråbninger. Dette kan gøres med en simpel tæller som registrerer hver gang en magneten passerer.



Vi har 20 stk. døråbningstællere med magneter som burde være nok til at dække projektet.



### Tid for lys og vinkøler

Tiden som vinkøleren er slået til og lampens driftstid måles med to af disse tidsmålere. Den ene tilsluttes således lampens kreds. Det skal sørges for at blive gjort på en forsvarlig måde med henblik på brugerens daglige brug af vinkøleren. Det er også nødvendigt at vi får defineret tællernes egetforbrug af strøm.

De koster ca. 113,25 DKK /stk. og Teknologisk institut har ikke disse enheder til rådighed for projektet, men der er ressourcer til bestilling af det nødvendige antal.

### Udstyr per enhed

Vi skal bruge følgende måleudstyr per vinkøler der ønskes testet.

Gemini Tinytag Talk temperatur logger:	3 stk
Energimåler:	1 stk
Døråbningstæller:	1 stk
Tidsmåler:	2 stk.

Det meste udstyr har vi i forvejen til rådighed. Der skal dog indkøbes 40 stk. tidsmålere og afhængig af Gemini Tinytag temperaturloggernes tilstand måske et mindre antal af dem.

### Mulig Montage

Det kan tænkes, at elmålerne, de to tidsmålere og den ene temperaturlogger kan monteres i en kasse/eller bag en plade ovenpå vinkøleren. De to tidsmålere skal monteres på en DIN-skinne. Vedrørende døråbningstælleren: Kan vi placere en foroven? Der er dårlig plads forinden til at tælleren kan være der.

### Test af udstyret

Vi forventer at teste udstyret når den nye styringselektronik til kompressoren ankommer. Bland andet med det formål at tjekke at elmåleren måler rigtigt når vi bruger en frekvensstyret kompressor.

## 9.7 Appendix G - Energimåler test

### Kalibrering af energimålere til fieldtest af Vestfrost Vinkølere

Frederik Bramsen, Teknologisk Institut

#### Energimålerne

For at måle energiforbruget foreslår vi at der benyttes en energimåler som ses på nedenstående billede. Energiforbruget aflæses manuelt på displayet. Vi har 22 stk. energimålere til rådighed med



schuko stik. De skal placeres mellem stikkontakten og vinkølerens egen strømforsyning. Startværdien aflæses og differensen fra måling til måling udregnes. Energimålerens dimensioner er på cirka:  
55x60x80 mm

#### Projektrelaterede labels (Vinkøler):

Energimåleren har placeret en label efter den vinkøler den hører til fra 1-20.

#### Kalibrering

Vi tjekker om energimålerne til projektet måler rigtigt ved følgende procedure.

4. Måling af deres respektive egetforbrug
5. Måling af energiforbruget, hvor de er sat i serie med en modstand. Samtidig vil vi måle de aflæste energimålinger på hvert enkelt instrument.
6. Til sidst vil vi beregne den procentvise afvigelse og vurdere hvilke energimålere der kan benyttes i projektet.

Det skal nævnes at vi inden ovenstående procedure blev påbegyndt, tjekkede en energimålers funktion ved måling af vinkøleren (Variable Speed Compressor) og den stemte godt overens med det målte på strømforsyningen. Nedenstående data blev opsamlet ved det lille forsøg:

- Vinkølerens samlede forbrug målt på strømforsyningen: 1274,81Wh
- Forbruget målt med energimåleren: 1200Wh (aflæst starts og slut henholdsvis: 1027,5 kWh og 1028,7 kWh)



## Egetforbrug

Egetforbruget er blevet målt for hver energimåler med et kalibreret instrument ”Yokogawa Wt210”, hvis opstilling ses på billedet nedenfor:



Deres egetforbrug i watt ligger omkring 0,9. Hver enkelt energimålers egetforbrug ses i bilag 1. Det er et estimat, da de varierede med nogle 100-dele i aflæsningsøjeblikket.

## Måling af energiforbrug i serie

Vi har målt energiforbruget på en forsøgsopstilling som ses på billedet i dette afsnit.



Vi har sat alle energimålerne i serie og påført dem en belastning i form af en 500 watts pære. Det er udført i klimakammer 2 og de har været tilsluttet strømforsyning nr. 17, hvor vi har kunnet aflæse det fulde energiforbrug og tidsforbrug for forsøgsopstillingen.

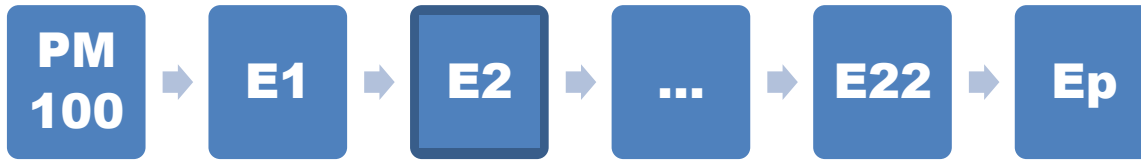
Forsøget har kørt fra d. 9/1 kl.16:07 til d.14/1 kl.09:16.

Energiforbruget på strømforsyning 17 i denne periode har været 56,4805 kWh.



## Beregning

Udregningerne har taget udgangspunkt i hvad hver enkelt enhed i forsøgsopstillingen har målt pærens forbrug til. En skitse er set nedenfor, hvor PM100 er vores målte energiforbrug på strømforsyning nr. 17 og Ep er pæren.



Vi har udregnet hver energimålers egetforbrug over tidperioden ved:

$$E1_{\text{egetforbrug}} \cdot \text{tid} = 0,937 \text{ Watt} \cdot 105,15 \text{ hours} = 98,525 \text{ Wh} = 0,0985 \text{ kWh}$$

For hver måler har vi derefter regnet pærens energiforbrug ud ved at tage den aflæste forskel fra start til slut i projektet på energimålere minus energimålerens egetforbrug, som ligger imellem den respektive energimåler og pæren (eksempel for energimåler 1):

$$E1_{Ep} = E1_{\text{aflæst}} - \sum(E2_{\text{egetforbrug}} + \dots + E22_{\text{egetforbrug}}) = 53,28 \text{ kWh}$$

$$\text{Hvor } E1_{\text{aflæst}} = E1_{\text{aflæst}_{14/01}} - E1_{\text{aflæst}_{09/01}} = 159,4 \text{ kWh} - 104 \text{ kWh} = 55,4 \text{ kWh}$$

Det bemærkes at energimåler E22 direkte har målt pærens energiforbrug.

Vi sammenholder  $E1_{Ep}$  og alle de andre energimåleres estimat for pærens forbrug med PM-100 (strømforsyning 17).

$$PM100_{Ep} = PM100_{\text{aflæst}} - \sum(E1_{\text{egetforbrug}} + \dots + E22_{\text{egetforbrug}}) = 54,26 \text{ kWh}$$

Vi udregner den procentvise afvigelse for Energimålerne og som eksempel bruger vi her Energimåler 1.

Procentvis afvigelse:

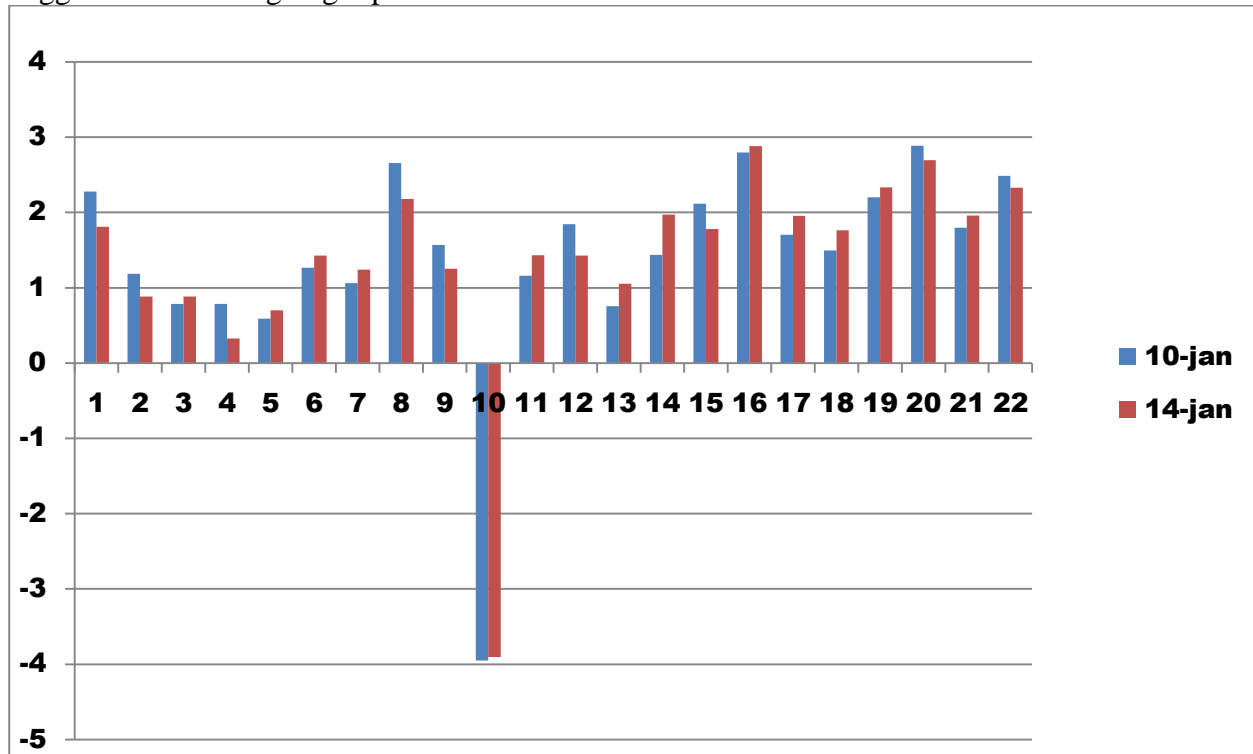
$$PA_{E1} = \frac{PM100_{Ep} - E1_{Ep}}{PM100_{Ep}} = \frac{54,26 - 53,28}{54,26} = 0,018 = 1,8 \%$$

Alle målte og udregnede værdier ses i bilag 1.



## Resultater

Vi har lavet to målinger. Vi har lavet den fra udregningseksemplet (14/1-2013) ovenover og en fra d.10/1-2013. Ovenfor beskrevne udregninger er foretaget for begge målesæt. Følgende graf er på baggrund af de udregninger plottet her:



På baggrund af grafen, udelukker vi klart logger nr. 10 i forsøget da den ligger signifikant anedeledes end de resterende målere. Derudover fravælger vi energimåler 16, da de andre har vist bedre måleresultater. I bilag 1 ses data og beregningerne i Excel. Id-nr. er det nummer som er påskrevet energimålerne. De udvalgte loggere målere viser en acceptabel afvigelse på maksimalt et par procent, og i gennemsnit er afvigelse på de 20 valgte er på 1,57 procent.



nr	id-nr	serie nr	stik	Egetforbrug		start afteæning	Tid	10-jan differens		Egetforbrug	Paeren	Afvigelse fra PM100 Ep	Tid	14-jan differens		Egetforbrug	Paeren	Afvigelse fra PM100 Ep	Tid
				Watt	afteæning			E_afteæst	E_eggetforbrug					E_afteæst	E_eggetforbrug				
1	1	4214057	sch	0,937	104	115,5	1418	11,5	0,022144433	11,02365	0,02277	2,276987	159,4	55,4	0,098652555	53,2805966	0,018097	1,809671807	56,4805
2	2	4214047	sch	0,972	102,6	114,2	1418	11,6	0,0229716	11,14662	0,011869	1,18886177	158,4	55,8	0,1022058	53,7828024	0,008842	0,884161293	54,26257
3	3	4214055	sch	0,957	139,2	150,8	1418	11,6	0,0226171	11,19166	0,007875	0,78754325	194,8	55,6	0,10062855	53,7832183	0,008834	0,883394835	
4	4	4214050	sch	0,963	69,7	81,3	1418	11,6	0,0227589	11,19199	0,007846	0,78461017	125,6	55,9	0,10125945	54,0846904	0,003278	0,327814636	
5	6	4214054	sch	0,933	184,3	195,9	1418	11,6	0,0220499	11,21404	0,005891	0,58914103	239,9	55,6	0,09810495	53,88279535	0,006999	0,69885193	
6	12	4214045	sch	0,995	686,6	698,1	1418	11,5	0,023515167	11,13756	0,012672	1,26716789	741,7	55,1	0,10462425	53,4874196	0,014285	1,428519576	
7	14	4214028	sch	0,974	665,7	677,2	1418	11,5	0,023018867	11,16058	0,010631	1,063109	720,8	55,1	0,1024161	53,5898357	0,012398	1,23977874	
8	15	4214000	sch	0,849	974,3	985,6	1418	11,3	0,0200647	10,98064	0,026582	2,6582091	1028,8	54,5	0,08927235	53,07910805	0,02181	2,180993228	
9	16	4214001	sch	0,974	971,3	982,7	1418	11,4	0,023018867	11,10366	0,015677	1,56766485	1026,2	54,9	0,1024161	53,58152415	0,012551	1,255095155	
10	17	4214044	sch	0,953	160,2	172,2	1418	11,4	0,022522567	11,72618	-0,03951	-3,95909658	217,8	57,6	0,10020795	56,3817321	-0,03905	-3,905382677	
11	18	4214003	sch	0,994	613,3	624,7	1418	11,4	0,023491533	11,14968	0,011598	1,15975659	667,9	54,6	0,1045191	53,4862512	0,014307	1,43067281	
12	19	4214004	sch	0,963	560,5	571,8	1418	11,3	0,0227589	11,07243	0,018445	1,84448764	615	54,5	0,10125945	53,48751065	0,014284	1,428351781	
13	20	4214005	sch	0,974	128,4	139,8	1418	11,4	0,023018867	11,19545	0,007539	0,75394339	183	54,6	0,1024161	53,68992675	0,010553	1,055320986	
14	21	4214025	sch	0,983	729,2	740,5	1418	11,3	0,023231567	11,11869	0,014345	1,43448432	783,2	54	0,10336245	53,1932892	0,019706	1,970569822	
15	22	4214007	sch	0,98	121,8	133	1418	11,2	0,023160667	11,04185	0,021157	2,11565376	175,8	54	0,103047	53,2963362	0,017807	1,780665441	
16	23	4214008	sch	0,975	629,6	640,7	1418	11,1	0,0230425	10,96489	0,027979	2,79787073	682,9	53,3	0,10252125	52,69885745	0,028818	2,88175361	
17	24	4214027	sch	0,984	692,9	704,1	1418	11,2	0,0232552	11,08814	0,017052	1,70523142	746,6	53,7	0,1034676	53,20232505	0,019539	1,953917736	
18	25	4214013	sch	0,993	117,1	128,3	1418	11,2	0,0234679	11,11161	0,014972	1,49719193	170,8	53,7	0,10441395	53,306739	0,017615	1,761494215	
19	26	4214019	sch	0,865	107,7	118,8	1418	11,1	0,020442833	11,03205	0,022025	2,20245456	161	53,3	0,09095475	52,99769375	0,02331	2,331030903	
20	27	4214021	sch	0,975	634,2	645,2	1418	11	0,0230425	10,9551	0,028847	2,88467154	687,2	53	0,10252125	52,800215	0,02695	2,6949627	
21	28	4214022	sch	0,951	64,6	75,7	1418	11,1	0,0224753	11,07752	0,017994	1,79936494	117,9	53,3	0,09999765	53,20000235	0,019582	1,958198219	
22	29	4214024	sch	0,949	120,4	131,4	1418	11	0,02428033	11	0,024866	2,48661006	173,4	53	0,09978735	53	0,023268	2,326780736	

## 9.8 Appendix H - Temperaturlogger test

### Kalibrering af temperaturloggere til field test af Vestfrost Vinkølere

#### Tinytag Generelt

Gemini Tinytag temperaturloggere er blevet indsamlet i køle og varmepumpetekniks afdeling i Tåstrup. I dette dokument er der beskrevet hvilke loggere der er funktionsdygtige og hvordan de er blevet afgjort at være brugbare.

For at holde styr på Tinytag loggerne i fremtiden og ikke mindst de batterier der løbende vil blive udskiftet har vi lavet følgende procedure:

Batterierne påstås at have 2 års levetid. Førhen har vi købt nyt batterisortiment ved start af et nyt projekt. For at undgå at skulle skifte batterier ud hele tiden (og smide batterier ud med 1,5år tilbage) er følgende mærke påklippet hver tinytag filmrulle (**Batteristatus og kontakt information**):



Her ses det hvornår batteriet er blevet sat i brug (Januar 2013) og kontakt information til Energi og Klimas reception (hvis loggeren forsvinder under field tests). Denne label skal opdateres og påklippes når et nyt batteri sættes i. Ydemere skal det opdateres i "Tinytag Status" Excel ark når en logger ikke længere er funktionsdygtig. Loggerne er registreret ud fra deres serienummer.

#### Projektrelaterede labels (Vinkøler)

Eksempel: Denne nummerering er påklippet 60 tinytag loggere til field test af vinkølere. Det første tal definerer vinkølerens projektnummer (1-20) og det næste tal kan variere fra T1, T2 til T3 og definerer hvilken temperatur der måles.

1 - T1

- T1 er temperaturloggeren placeret øverst i vinkøleren.
- T2 er temperaturloggeren placeret nederst i vinkøleren.
- T3 er temperaturloggeren placeret udenfor vinkøleren til måling af omgivelsernes temperatur.

#### Status (December 2012)

##### Første test og optælling (forbindelse til computeren):

- 91 Gemini Tinytag Talk temperatur loggere med intern sensor.
- 9 Gemini Tinytag Talk temperatur logger med extern sensor, dog er der kun et begrænset antal eksterne sensorer.

Se bilag "Bilag 1 – Test 1" (connection), hvor alle loggere som har haft forbindelse til computeren og kunnet programmeres om med nyt batteri isat.



Anden test (temperature check):

Testen har været lidt over to døgn. Jeg har forsøgt at teste Tinytag loggerne ved temperaturer omkring det niveau som de i vinkølerprojektet kommer til at logge, men har også taget udgangspunkt i de muligheder som har været nemmest. Derfor har jeg placeret dataloggerne i klimakammer 2 (Temperatur på 25 grader Celsius), hvor de har stået det første døgn (fra d.10/12 kl. 09.30). Efter det første døgn er de blevet flyttet fra klimakammeret og til et Gram køleskab (Gram storkøkken køleskab, indstillet til 5 grader Celsius). Både i klimakammeret og Gram køleskabet har der været vedlagt en kalibreret datalogger (RS 1316 Dual Datalogger Thermometer). Der er målt data hvert andet minut og opstillet et krav på omkring 0,5 graderes tolerance. Det skal nævnes at Tinytag loggerne er 8-bit og dermed generelt ikke voldsomt præcise. Det vurderes dog at de vil være tilstrækkelige til mange fremtidige fieldtests.

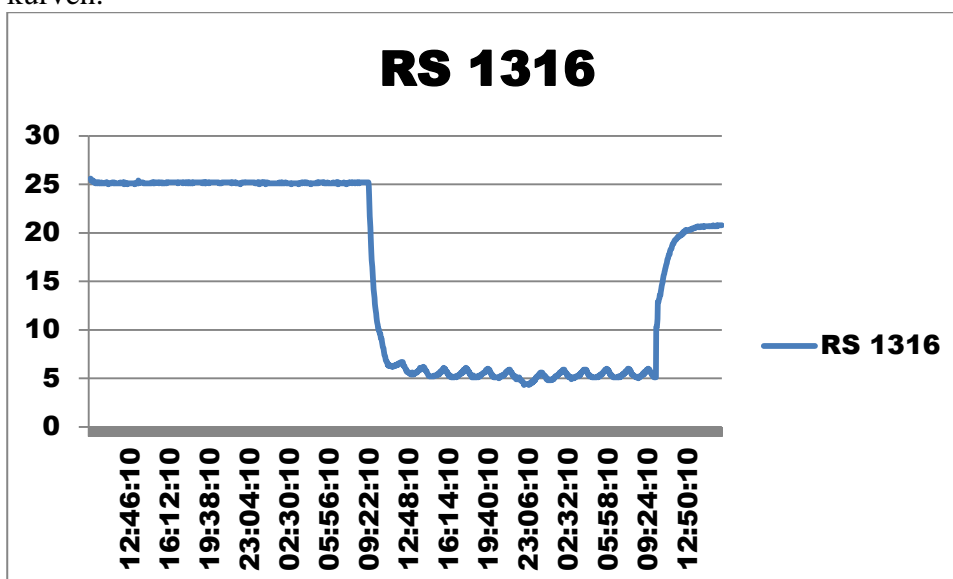


Figur 1 - Kasse med tinytag talk loggerne



Figur 2 - RS 1316  
(reference temperatur)

Nedenstående figur viser referencetemperaturen som tinytag-loggerne bliver vurderet ud fra. Temperaturen ses at ligge stabilt omkring de 25 grader i klimakammeret. I gram-køleskabet svinger temperaturen omkring de 5 grader og har en tendens til at ligge lidt herover. Efterfølgende blev kassen med tinytag og RS 1316 loggerne flyttet til kontoret, hvilket forklarer den sidste del af kurven.



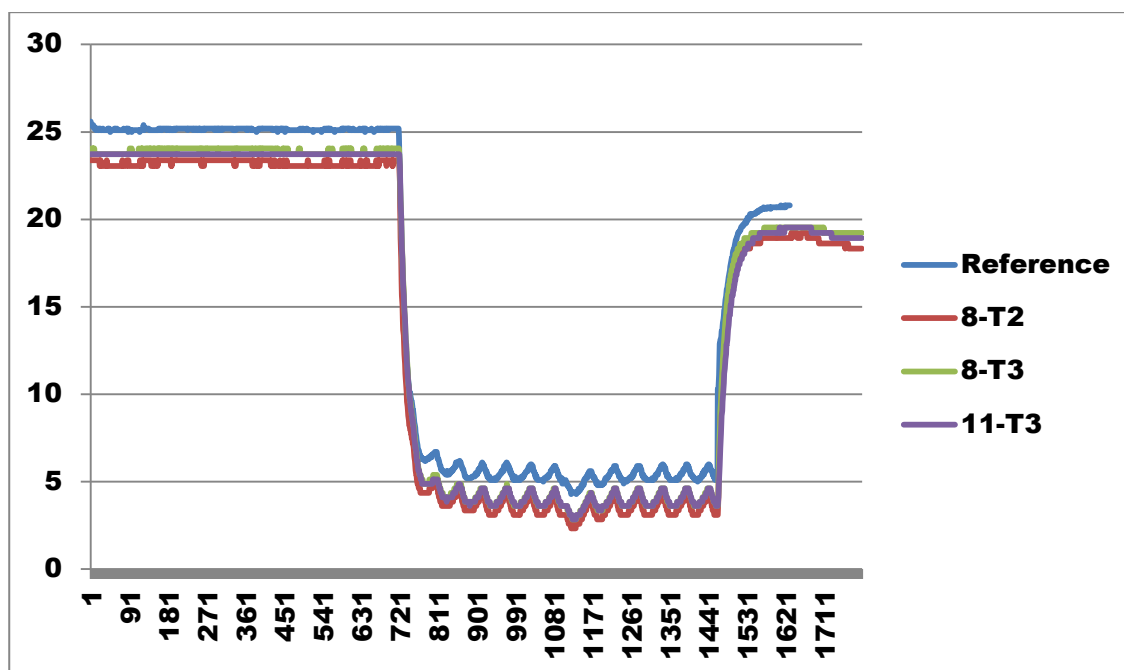
Da vi har 85 loggere i testen, vil jeg nu komme med eksempler på hvordan de er blevet analyseret. Den fulde databehandling kan findes i excel-arket ”Tinytag test”.

Skemaet nedenfor viser ”databehandlingen” fortaget på målingerne for nogle udvalgte loggere. Jeg har i Excel fundet differensen på reference-loggerens målte værdi og det de respektive tinytags har målt igennem hele måleserien. Det ses hvordan den maksimale fejl er signifikant på alle tinytag-loggerne. Når man kigger de målte temperaturer igennem ses det dog, at den store forskel ligger omkring de tider hvor der sker store temperaturspring i testen. Det er sket da loggerne blev fjernet fra klimakammeret, da de blev sat ind i Gram-køleskabet og igen da de blev placeret på kontoret. Det skal nævnes at referenceloggeren blev lagt ved projektet lidt for sent, så data fra starten af projektet har heller ikke været helt stabilt.

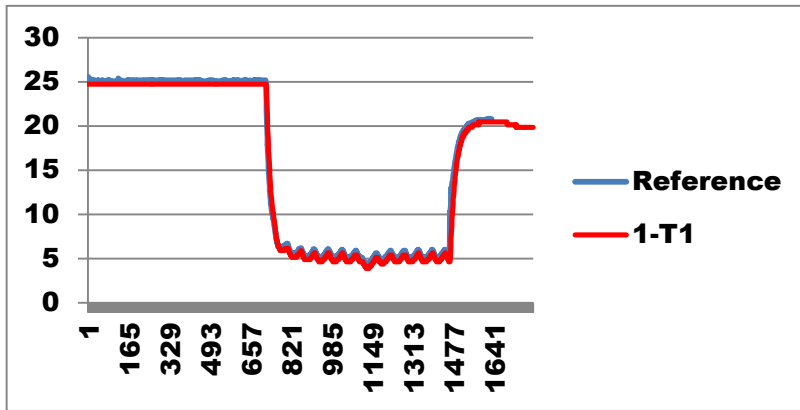
	1-T1	3-T3	8-T2	8-T3	11-T3	12-T2	15-T1
Maksimum fejl	5,694	5,694	7,203	6,695	6,99	6,214	6,185
Minimum fejl	0,014	0,005	0,726	0,05	0,035	0,005	0,053
Gennemsnits	0,475591	0,219146	1,89125	1,300009	1,45237	0,480518	0,831725
<u>Fejlområder fjernet</u>							
Maksimum fejl	0,73*	0,474	2,203	1,695	1,88	1,58*	1,185
Minimum fejl	0,105	0,005	1,379	0,772	1,074	0,005	0,466
Gennemsnit	0,404725	0,116238	1,878738	1,311358	1,415742	0,340807	0,804003
Status	Godkendt	Godkendt	Kasseret	Kasseret	Kasseret	Godkendt	Kasseret

\*Fejlområdet er lidt større end egentlig udvalgt i databehandlingen (Derfor høj maksimum fejl).

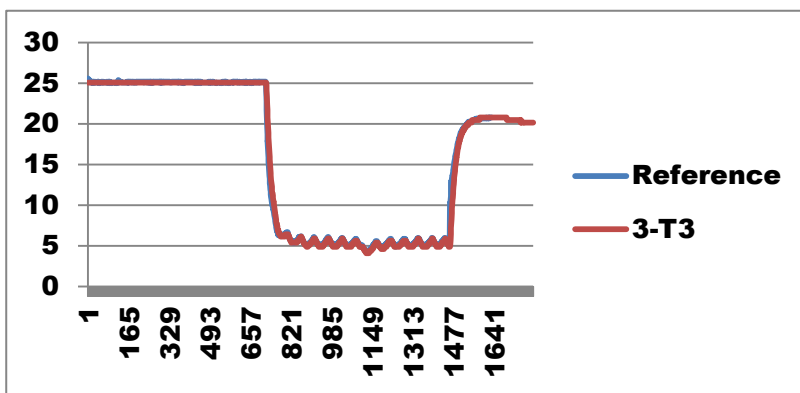
Ved at fjerne fejlområderne ses det hvordan de fleste af loggerne kommer ned på en acceptabel maksimal fejl. I det følgende opstiller jeg graferne for loggerne angivet i tabellen ovenover. Graferne er plottet for hele måleintervallet og der er ikke fjernet ”fejlområder”.



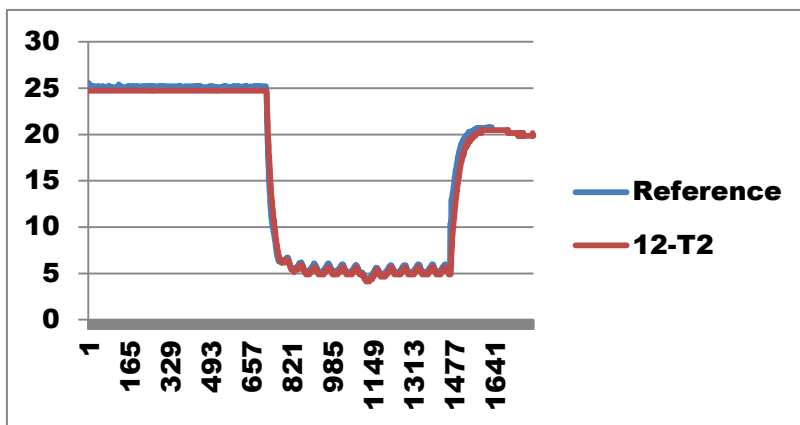
Alle loggere på ovenstående graf blev kasseret.



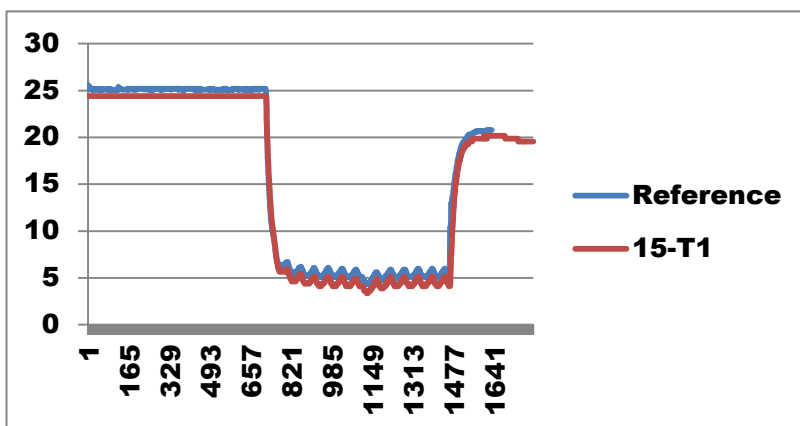
Godkendt



Godkendt



Godkendt



Kasseret



### Test af resterende syv 23-01-2013

Den 23-01-2013 er de sidstes syv blevet testet på samme måde som metoden ovenfor. Alle syv blev godkendt.

### Konklusion

Selvom der er en vis afvigelse fra reference-loggeren når der sker store temperaturspring (forskellig reaktionstid), vurderes det at loggerne vil være tilstrækkelige for vinkølerprojektet og andre field tests, hvor de ønskede målinger ikke vil variere voldsomt.

Vi har kasseret 4 loggere med serie numre: 149675, 149686, 149674 og 149692 fordi afvigelsen ved konstant omgivelsestemperatur er  $\geq 0,5$  °C.

Vi har godkendt 81 loggere efter denne lille test da deres afvigelse fra referenceloggeren ved konstant omgivelsestemperatur er  $< 0,5$  °C.

Derudover har vi fået tilsendt 20 tinytag talk 2 loggere med ekstern sensor fra vores afdeling i Århus som er kalibreret i starten af 2012.

Vi har stadig et par loggere som ikke er blevet testet fuldt igennem her grundet mangel på batterier og det svarer til 7 tinytag talk med intern sensor og 9 tinytag talk med ekstern sensor

Se Bilag 2 – Test 2 Temperatur (Godkendte), for liste over alle godkendte loggere til vinkøler projektet og ekstra loggere.

Bilag 3 – Vinkøler loggere, indeholder en ordnet liste med serienummer og projektnavngivningen.

**Bilag 1 – Test 1 (connection)**

Forbindelse	Dec2012			
Serie nummer	Temp		kommentar	antal
149687	-30	50	intern	1
149744	-30	50	intern	2
148789	-30	50	intern	3
149730	-30	50	intern	4
151487	-30	50	intern	5
149731	-30	50	intern	6
149737	-30	50	intern	7
149682	-30	50	intern	8
151429	-30	50	intern	9
149753	-30	50	intern	10
148794	-30	50	intern	11
151483	-30	50	intern	12
149681	-30	50	intern	13
151477	-30	50	intern	14
149728	-30	50	intern	15
149747	-30	50	intern	16
149690	-30	50	intern	17
149696	-30	50	intern	18
151460	-30	50	intern	19
151469	-30	50	intern	20
149755	-30	50	intern	21
149740	-30	50	intern	22
148806	-30	50	intern	23
148801	-30	50	intern	24
149720	-30	50	intern	25
149727	-30	50	intern	26
149736	-30	50	intern	27
149745	-30	50	intern	28
148821	-30	50	intern	29
151482	-30	50	intern	30
149691	-30	50	intern	31
151434	-30	50	intern	32
151468	-30	50	intern	33
149748	-30	50	intern	34
149739	-30	50	intern	35
148818	-30	50	intern	36
149746	-30	50	intern	37
151471	-30	50	intern	38
149693	-30	50	intern	39
149725	-30	50	intern	40
148811	-30	50	intern	41



148817	-30	50 intern	42
149703	-30	50 intern	43
151484	-30	50 intern	44
148800	-30	50 intern	45
151416	-30	50 intern	46
151453	-30	50 intern	47
151425	-30	50 intern	48
151436	-30	50 intern	49
148816	-30	50 intern	50
148798	-30	50 intern	51
151458	-30	50 intern	52
148796	-30	50 intern	53
151424	-30	50 intern	54
151467	-30	50 intern	55
149738	-30	50 intern	56
151479	-30	50 intern	57
149723	-30	50 intern	58
149749	-30	50 intern	59
151472	-30	50 intern	60
151447	-30	50 intern	61
149716	-30	50 intern	62
149688	-30	50 intern	63
148786	-30	50 intern	64
151423	-30	50 intern	65
151441	-30	50 intern	66
149754	-30	50 intern	67
149675	-30	50 intern	68
149684	-30	50 intern	69
148809	-30	50 intern	70
149692	-30	50 intern	71
149674	-30	50 intern	72
151457	-30	50 intern	73
151417	-30	50 intern	74
151486	-30	50 intern	75
151443	-30	50 intern	76
149686	-30	50 intern	77
149717	-30	50 intern	78
148790	-30	50 intern	79
151444	-30	50 intern	80
151473	-30	50 intern	81
151459	-30	50 intern	82
148814	-30	50 intern	83
149679	-30	50 intern	84
149724	-30	50 intern	85



149742	-30	50 intern	86
148803	-30	50 intern	87
151455	-30	50 intern	88
151485	-30	50 intern	89
151464	-30	50 intern	90
151449	-30	50 intern	91
151433	-30	50 intern	92

Forbindelse	Dec2012			
Serie nummer	Temp	Model	antal	
80284	-30	30 extern	1	
80251	-30	30 extern	2	
29816	-30	30 extern	3	
80221	-30	30 extern	4	
80174	-30	30 extern	5	
80217	-30	30 extern	6	
80161	-30	30 extern	7	
80198	-30	30 extern	8	
80115	-30	30 extern	9	

**Bilag 2 – Test 2 (Temperatur)**

## Status

Serie nummer	Temp	kommentar	antal	Vinkøler
149687	-30	50	1	19-T1
149744	-30	50	2	4-T3
148789	-30	50	3	12-T2
149730	-30	50	4	
151487	-30	50	5	
149731	-30	50	6	11-T3
149737	-30	50	7	
149682	-30	50	8	12-T1
151429	-30	50	9	
149753	-30	50	10	
148794	-30	50	11	15-T3
151483	-30	50	12	20-T1
149681	-30	50	13	
151477	-30	50	14	
149728	-30	50	15	2-T2
149747	-30	50	16	5-T1
149690	-30	50	17	6-T3
149696	-30	50	18	
151460	-30	50	19	
151469	-30	50	20	
149755	-30	50	21	
149740	-30	50	22	
148809	-30	50	23	16-T1
148801	-30	50	24	17-T3
149720	-30	50	25	12-T3
149727	-30	50	26	
149736	-30	50	27	19-T2
149745	-30	50	28	18-T3
148821	-30	50	29	19-T3
151482	-30	50	30	18-T2
149691	-30	50	31	8-T3
151434	-30	50	32	7-T2
151468	-30	50	33	2-T1
149748	-30	50	34	
149739	-30	50	35	7-T1
148818	-30	50	36	
149746	-30	50	37	20-T2
151471	-30	50	38	4-T1
149693	-30	50	39	17-T1
149725	-30	50	40	13-T3
148811	-30	50	41	3-T1





148817	-30	50	42 8-T2
149703	-30	50	43 13-T1
151484	-30	50	44 16-T3
148800	-30	50	45
151416	-30	50	46
151453	-30	50	47 14-T2
151425	-30	50	48
151436	-30	50	49 2-T3
148816	-30	50	50 5-T2
148798	-30	50	51 13-T2
151458	-30	50	52 8-T1
148796	-30	50	53 7-T3
151424	-30	50	54 15-T2
151467	-30	50	55 4-T2
149738	-30	50	56
151479	-30	50	57 9-T1
149723	-30	50	58
149749	-30	50	59 6-T2
151472	-30	50	60 15-T1
151447	-30	50	61 5-T3
149716	-30	50	62 11-T1
148786	-30	50	63 16-T2
151423	-30	50	64 11-T2
151441	-30	50	65 6-T1
149754	-30	50	66 18-T1
149684	-30	50	67 14-T3
148806	-30	50	68 10-T2
151457	-30	50	69 17-T2
151417	-30	50	70
151486	-30	50	71 14-T1
151443	-30	50	72 20-T3
149717	-30	50	73 10-T3
148790	-30	50	74 9-T3
151444	-30	50	75 3-T3
151473	-30	50	76 9-T2
151459	-30	50	77 10-T1
148814	-30	50	78 3-T2
149679	-30	50	79 1-T3
149724	-30	50	80 1-T1
149742	-30	50	81 1-T2
149688	-30	50	82
148803	-30	50	83
151455	-30	50	84
151485	-30	50	85



151464	-30	50	86
151449	-30	50	87
151433	-30	50	88

## Ekstern

80284	-30	30 extern	1
80251	-30	30 extern	2
29816	-30	30 extern	3
80221	-30	30 extern	4
80174	-30	30 extern	5
80217	-30	30 extern	6
80161	-30	30 extern	7
80198	-30	30 extern	8
80115	-30	30 extern	9

+ 20 Tinytag Talk 2 fra Århus afdelingen.


**Bilag 3 – Vinkøler logger**

T1	Øverst i køleren	Vinkøler 1-10:	Nye vinkølere
T2	Nederst i køleren	Vinkøler 11-20:	Gamle vinkølere
T3	Omgivelserne		

Serienummer	Vinkøler	Måling
149724	1	T1
149742	1	T2
149679	1	T3
151468	2	T1
149728	2	T2
151436	2	T3
148811	3	T1
148814	3	T2
151444	3	T3
151471	4	T1
151467	4	T2
149744	4	T3
149747	5	T1
148816	5	T2
151447	5	T3
151441	6	T1
149749	6	T2
149690	6	T3
149739	7	T1
151434	7	T2
148796	7	T3
151458	8	T1
148817	8	T2
149691	8	T3
151479	9	T1
151473	9	T2
148790	9	T3
151459	10	T1
148806	10	T2
149717	10	T3
149716	11	T1
151423	11	T2
149731	11	T3
149682	12	T1
148789	12	T2
149720	12	T3
149703	13	T1



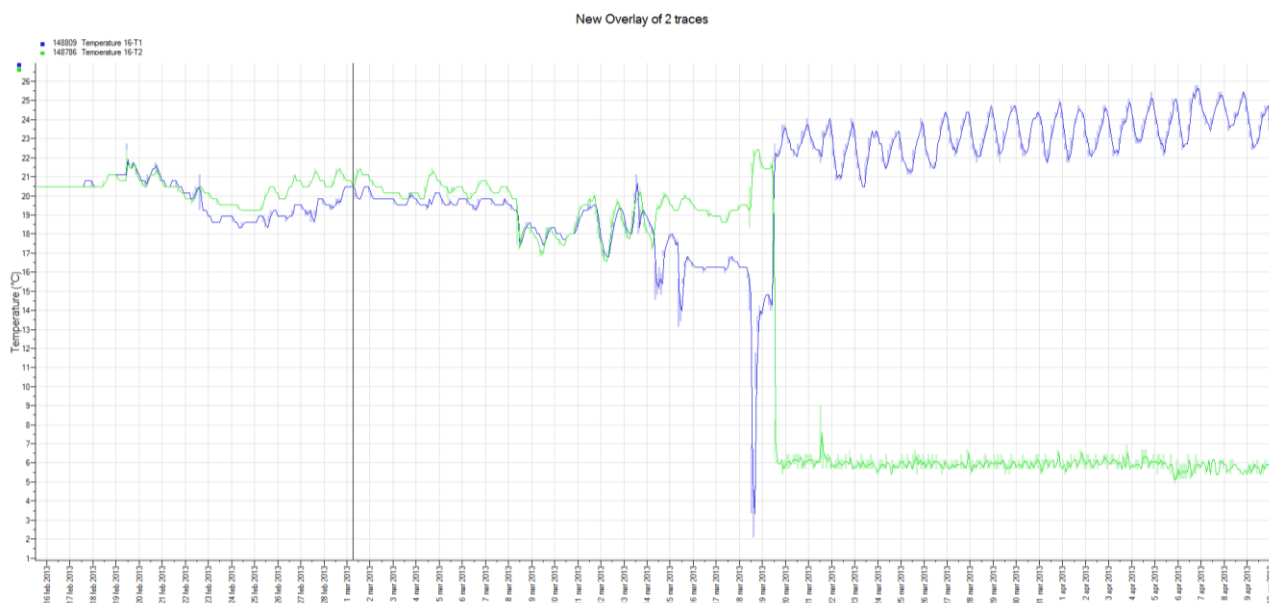
148798	13 T2
149725	13 T3
151486	14 T1
151453	14 T2
149684	14 T3
151472	15 T1
151424	15 T2
148794	15 T3
148809	16 T1
148786	16 T2
151484	16 T3
149693	17 T1
151457	17 T2
148801	17 T3
149754	18 T1
151482	18 T2
149745	18 T3
149687	19 T1
149736	19 T2
148821	19 T3
151483	20 T1
149746	20 T2
151443	20 T3

## 9.9 Appendix I – Field Test Statusrapporter

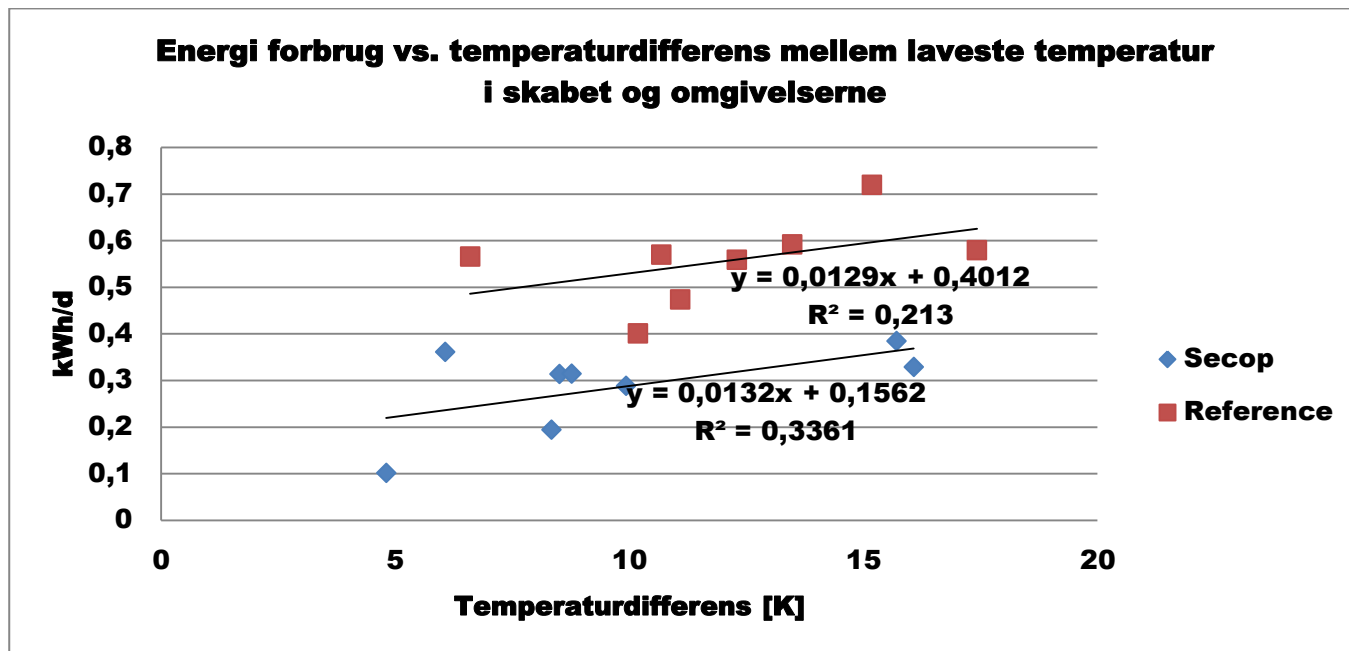
Frederik Bramsen og Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

### Statusrapport 1

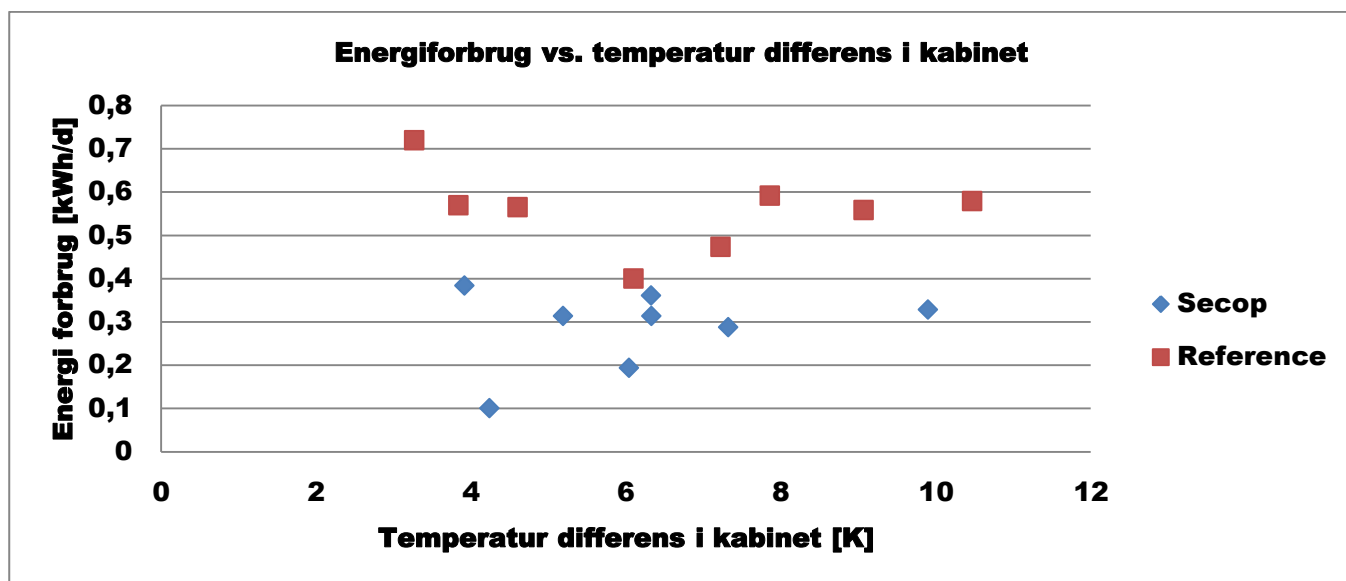
#### Første statusrapport



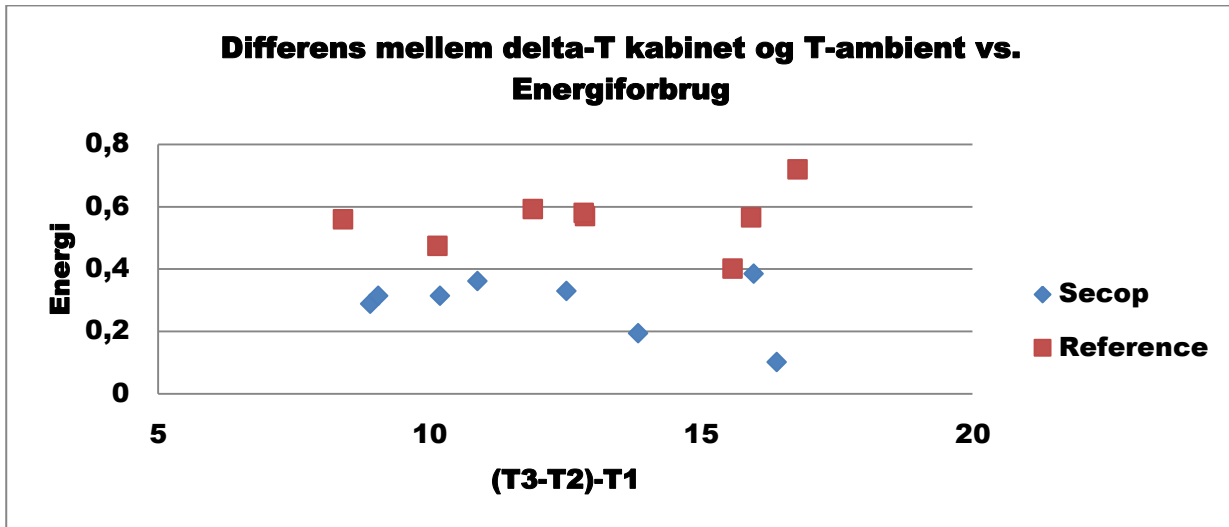
Fra d. 22 marts er data sammenlignet, da skabene her er sat op og har haft tid til at stabilisere sig (første opfyldninger er formegentlig sket). Der er lavet ændringer for Skjold Burne-data, grundet de har haft deres apparater slukket i en periode, hvilket tydeligt kan ses på temperatur differensen. Middeltemperaturforskellen mellem omgivelserne (T1) og den koldeste temperatur i kabinettet (T2) bliver brugt til at lave nedenstående plot. Plottet viser den beskrevne middeltemperaturforskel vs. energiforbruget pr. døgn.



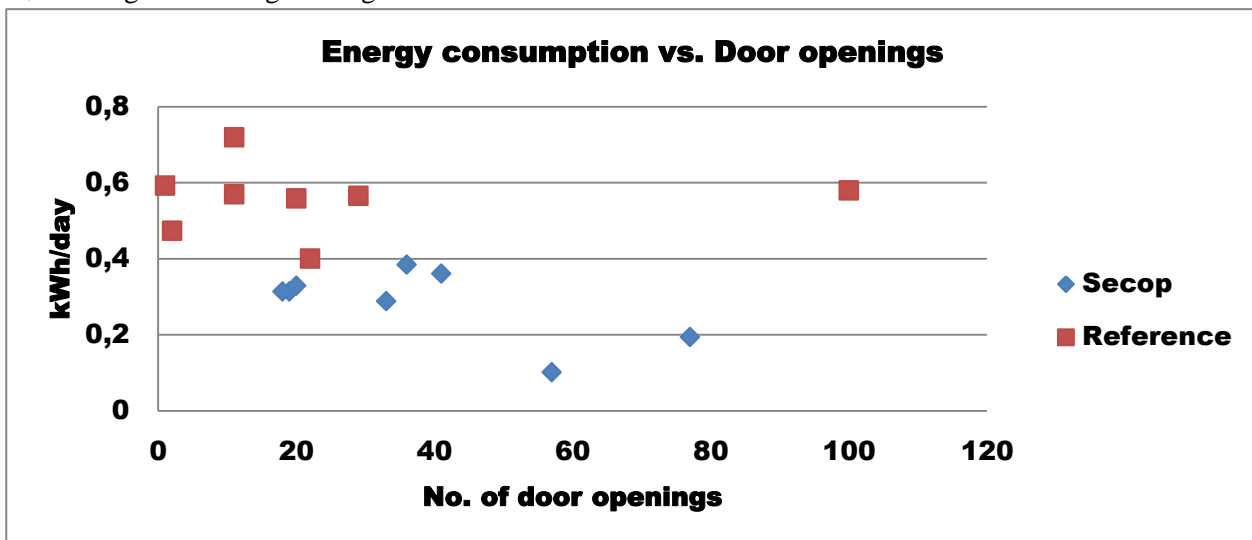
Det ses at der er en fin tendens til energibesparelse for Secop-modellerne. Der er dog enkelte skabe som afviger og derfor vil det komme til udtryk når testen har kørt i længere tid.



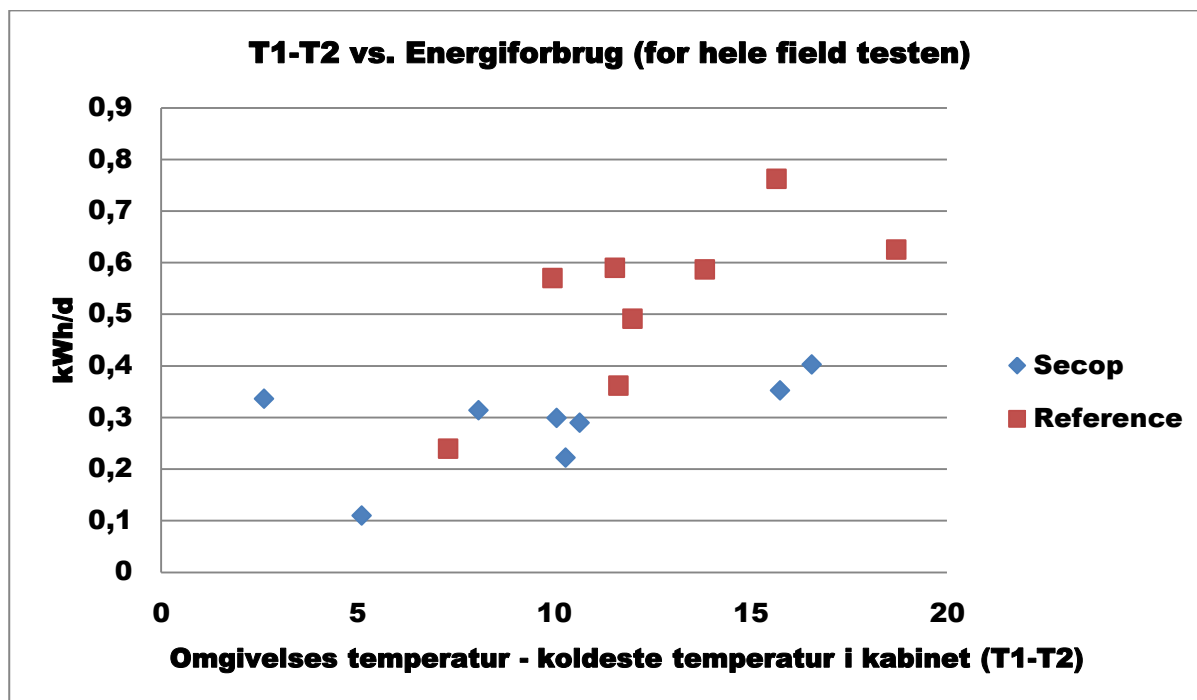
Plot – Temperatur forskel inde i kabinnet vs. Energiforbrug



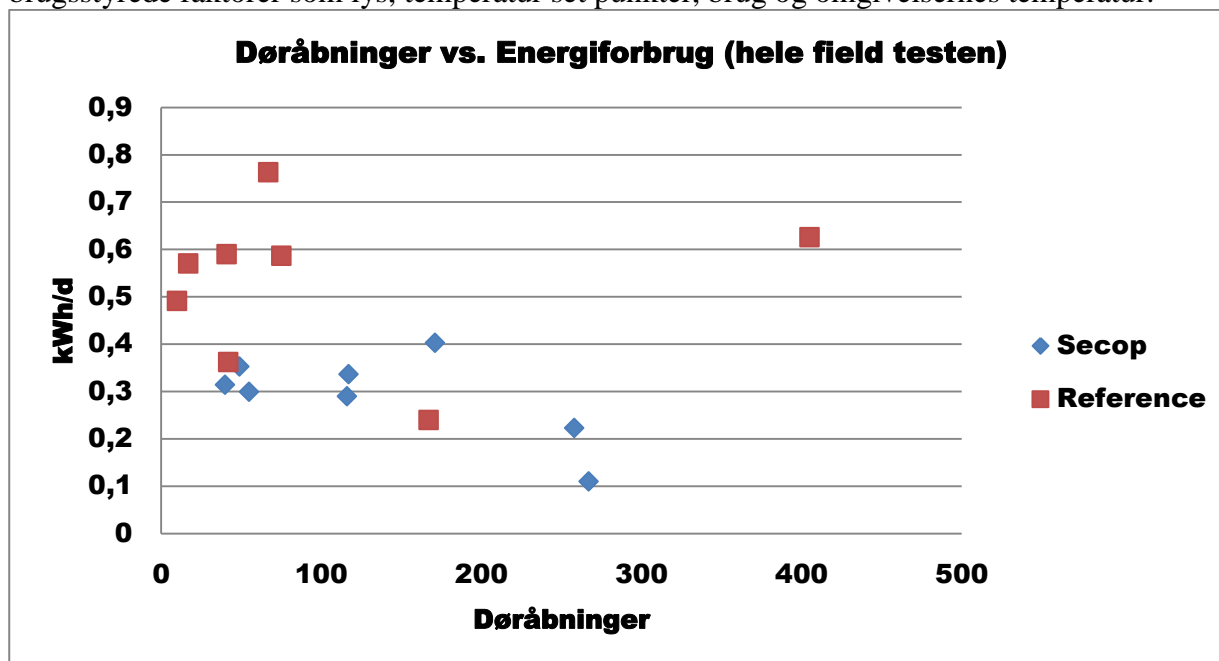
Dør åbninger vs. Energiforbrug



**Anden analyse**



Det ses at der er en vis ændring fra samme graf fra første målerunde. Et af reference-skabene ser ud til nu, at være mere energieffektivt end et par af Secop-modellerne. Det skyldes nok de mange brugsstyrede faktorer som lys, temperatur set punkter, brug og omgivelsernes temperatur.



Samme tendens ses for grafen med antallet af døråbninger vs. Energiforbrug. Derfor er det nødvendigt at vurdere grunden til de afvigende punkter. Det første og mest åbenlyse er at tage højde for de forskellige valg af lysindstillinger. En metode til at fratække lysets energiforbrug vil i det næste afsnit blive beskrevet.



## Fratrækker lys

Da der er forskel i brugerens indstilling af lys er følgende procedure benyttet til at fjerne variationerne i energiforbruget med hensyn til lyset. Vi har målt den samlede energi for skabet, tiden for lyset og den samlede driftstid for skabet. Derfor kan vi komme med et estimat for det samlede energiforbrug når lyset er tændt:

$$Energiforbrug_{lys}[kWh] = \frac{h_{lys}[h] \cdot Effekt_{lys}[W]}{1000 \left[ \frac{W}{kWh} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{COP} \right)$$

Her tages der højde for lysets **energiforbrug i sig selv** og den last lyset tilfører kølesystemet i form af varme som skal bortskaffes. Da lys og transformere begge er placeret inde i kassen kan det antages at den samlede effekt til lyset optages inde i skabet. COP-faktoren er forskellig fra referencemodel til Secop-model og er vurderet til at være følgende

- Secop COP: 3
- Reference COP: 2

Lysets effekt er i henhold til Emil Jacobsen, TI's notat<sup>9</sup> estimeret til 8,5 Watt ved tændt lys for referencemodellen. Notatet beskriver referencemodellens effekttilførsel inde i skabet ved forskellige belastningssituationer og de 8,5 Watt, kan udledes af følgende:

- Blæserkasse m. vent og styring (slukket vent/**slukket lys**) = 1,7 Watt
- Blæserkasse m. vent. Og styring (slukket vent/**tændt lys**) = 10,2

$$Effekt_{lys,reference} = 10,2 - 1,7 = 8,5 W$$

Transformatoren monteret i referencemodellen er af mærket Wujiang og typen 7030108-03. Vinkøleren med Secop-kompressor er monteret med en switch mode transformer af mærket Mean well og typen APV12-12. Den nye switch mode transformator har af fabrikanten angivet en effektivitet på 0,82. Effektiviteten af Wujiang transformeren er fra notatet målt til 0,46 ved 100% last. Det giver en effektivitetsforbedring på 1,7826 og dermed en estimeret effekt på 4,94 Watt (8,5/1,7826) for Secop-modellen.

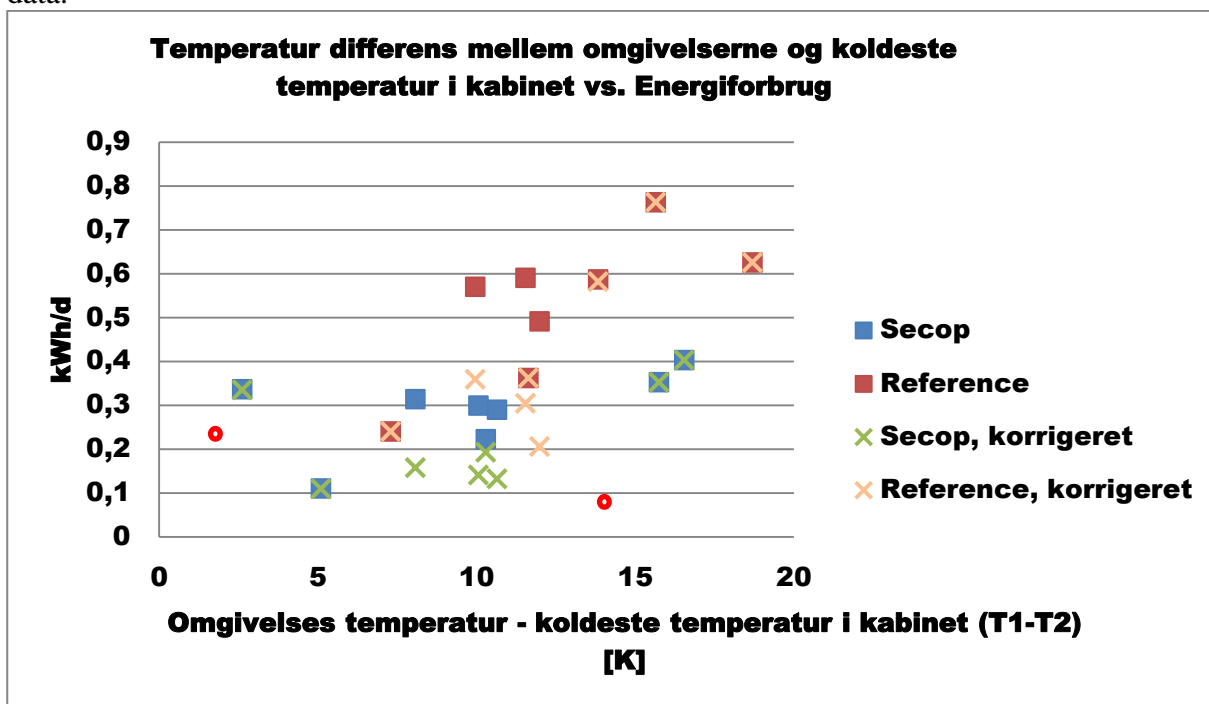
Når vi fratrækker lys fra det samlede energiforbrug vil den samlede formel se ud som følger, med energiforbruget givet pr. døgn:

$$Energiforbrug = \left( Energiforbrug_{m\ddot{a}t}[kwh] - \frac{h_{lys}[h] \cdot Effekt_{lys}[W]}{1000 \left[ \frac{W}{kWh} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{COP} \right) \right) \cdot \frac{24 \left[ \frac{timer}{d\ddot{o}gn} \right]}{h_{samlet}[h]}$$

---

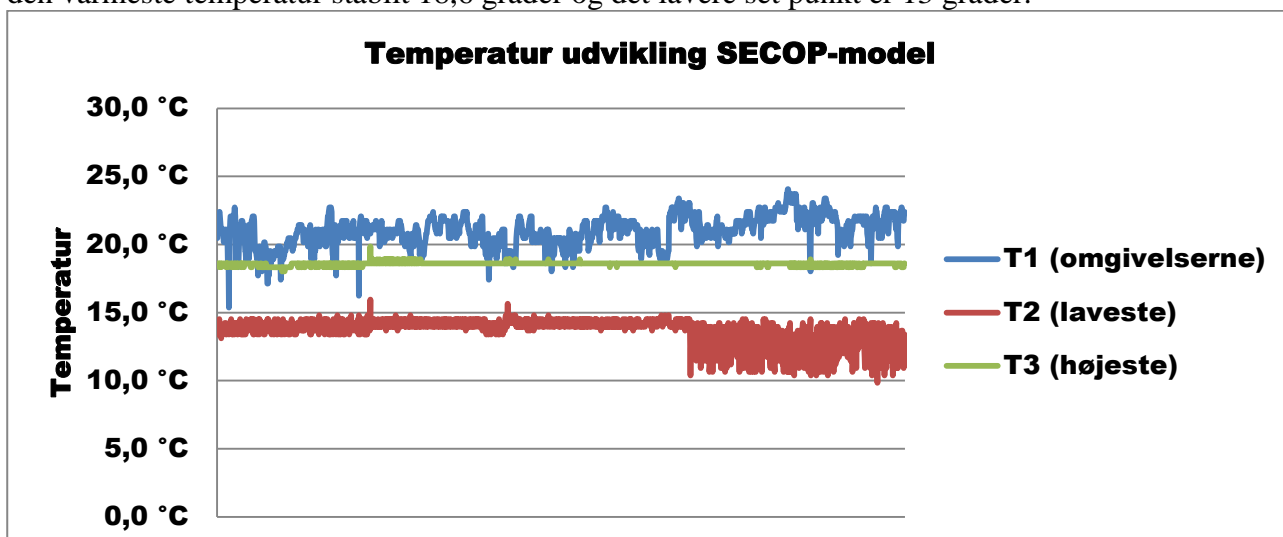
<sup>9</sup> Notat vedr. elektriske emners effektforbrug, Vestfrost Vinkøler VKG 851 og Flaskekøler FKG 883, maj 2011

Nedenfor ses grafen for energiforbruget vs. Temperaturforskellen mellem koldeste temperatur i skabet og omgivelsernes temperatur, med både korrigerede data (uden lys) og de originale aflæste data.



Det ses hvordan et punkt for hver korrigeret måleserie (Secop og Reference) skiller sig ud fra tendensen for de resterende målepunkter. Der er sat en rød cirkel ud for hvert af de afvigende punkter.

Secop-modellen har en relativt høj temperaturforskul inde i skabet, og det øverste set-punkt er stort set lig omgivelsernes temperatur (Set punkt 21 grader). Inde i skabet viser temperaturloggeren for den varmeste temperatur stabilt 18,6 grader og det lavere set punkt er 13 grader.

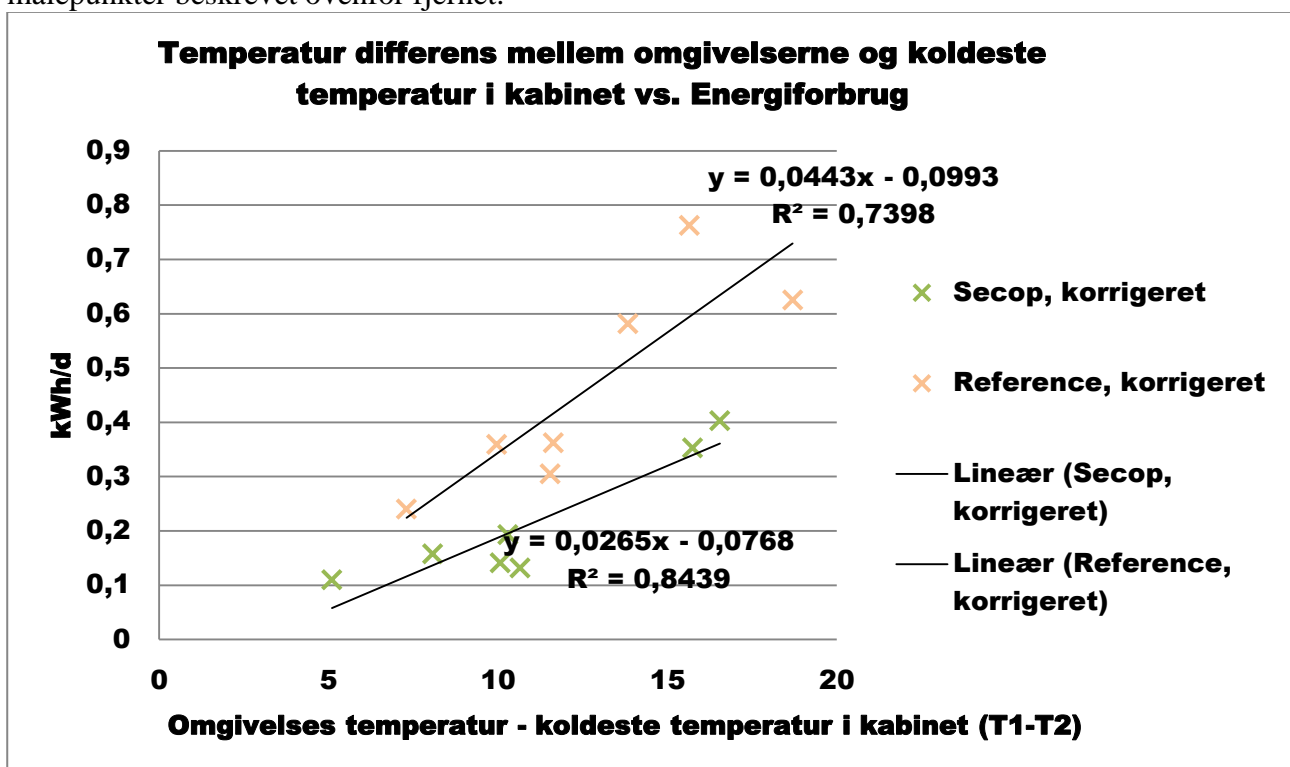


Det ses tydeligt at der sker noget ved et datapunkt som svarer til cirka d. 9/5 2013 (Skab med temperatur logger nr.7). Hvad der sker ved jeg ikke nu, men jeg må antage at det ikke er en ønskelig effekt og yderligere korrespondance må tages med Vestfrost eller Per Henrik. Jeg vælger derfor nu at tage det punkt midlertidigt ud af analysen.

Punktet for Referenceskabet som afviger, skyldes konstant tændt lys og muligvis at modellen lavet for at tage højde for lyset ikke er tilpasset helt endnu til realistiske værdier for COP og effektforbrug. Ved samme field test placering er der også opstillet en SECOP-model med konstant lys tilsluttet. Desværre har de ikke helt præcise temperatur indstillinger, men en parameter estimering kan eventuelt laves ud fra de to? Det ses at referencen ikke benyttes i ligeså høj grad som Secop modellen. Lys og COP er dog ikke de eneste forbedringer lavet så der skal tages højde for andre forbedringer også.

	Energi	Lys [h]	Drift [h]	Termosta	Fyldnin	Åbning	Energi pr dag]	Uden lys
4 Sec		1534,5	1534,5					
	19,1	3	3	(12-9)	2	55	0,298723388	0,140643388
14 Ref	31,4	1534,8	1534,8	(14-7)	1	10	0,4910086	0,1850086

For eksemplets skyld vises grafen som er opnået indtil nu ved at justere ud fra lyset med de to målepunkter beskrevet ovenfor fjernet.



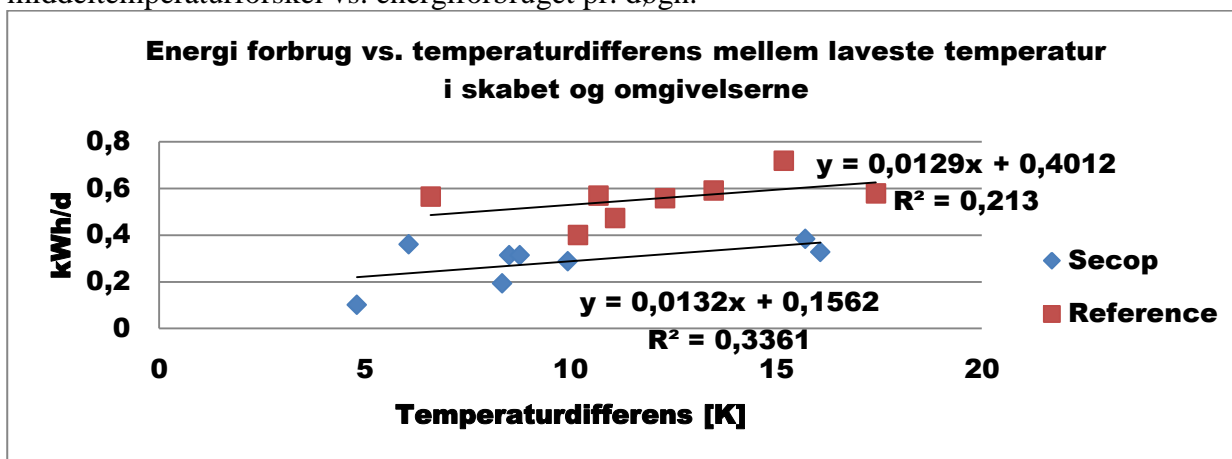
## Fieldtest statusrapport 2

Dette notat indeholder en beskrivelse af udviklingen i field testen af Vinkølere fra Vestfrost Solution. Indtil nu har Teknologisk Institut udført to dataopsamlinger som ligger til grundlag for de to første analyser beskrevet i dette notat.

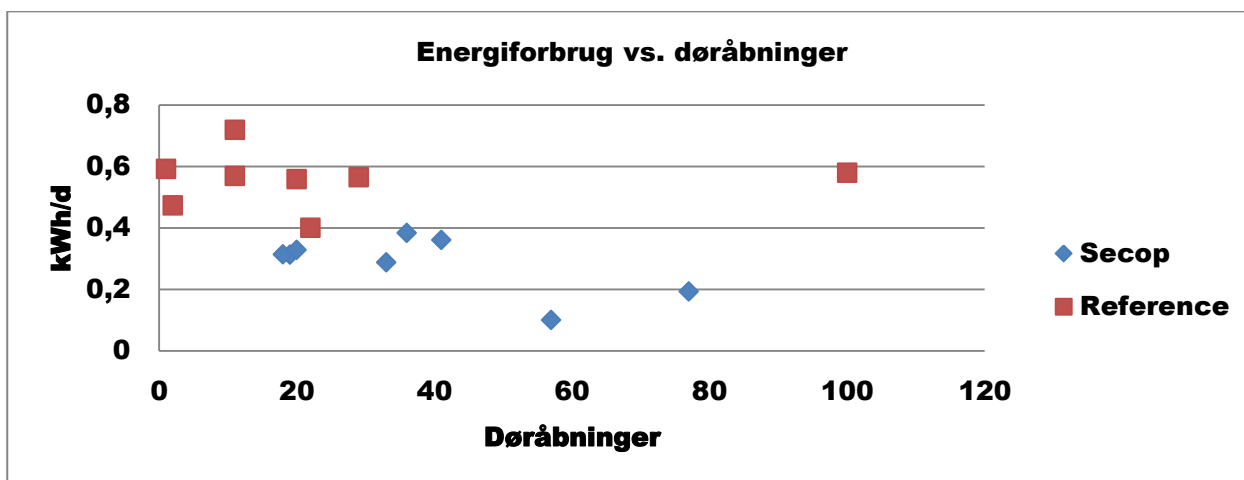
### Første og anden analyse

#### Første analyse

Den første analyse er baseret på måledata fra d. 22 marts til d. 9 april. Skabene er her sat op og har haft tid til at stabilisere sig (første opfyldninger er sket). Der er lavet ændringer for to skabe, grundet at apparaterne har været slukket i en periode (hvilket tydeligt kan ses på temperatur differensen). Middeltemperaturforskellen mellem omgivelserne (T1) og den koldeste temperatur i kabinettet (T2) bliver brugt til at lave nedenstående plot. Plottet viser den beskrevne middeltemperaturforskel vs. energiforbruget pr. døgn.

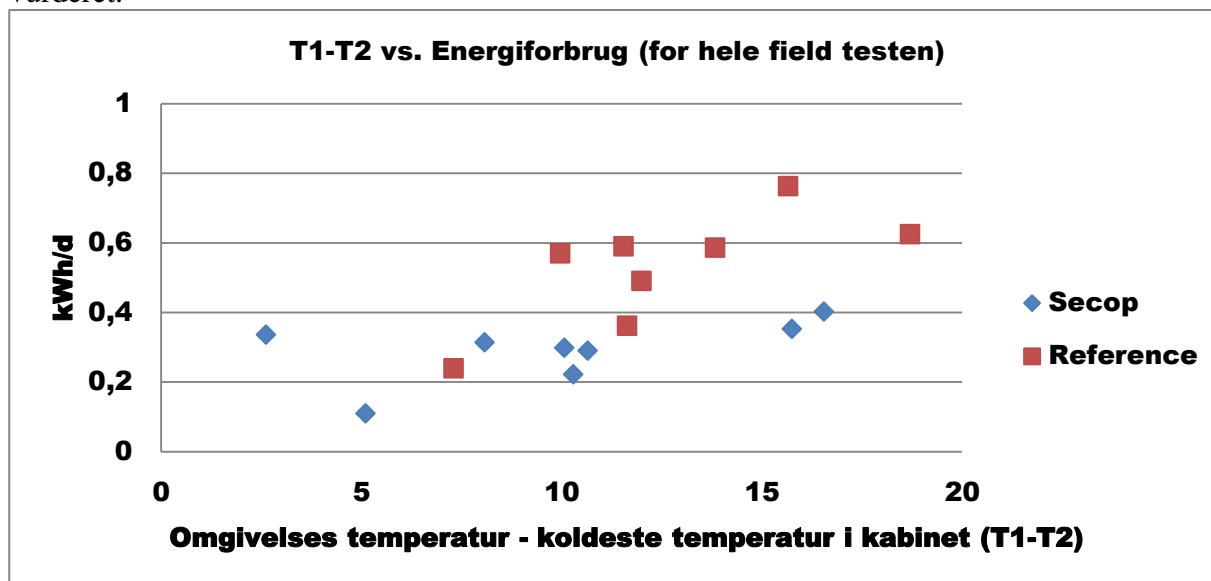


Det ses at der er en fin tendens for energibesparelsen for Secop-modellerne. Der er dog enkelte skabe som afviger og derfor vil det komme til udtryk når testen har kørt i længere tid.

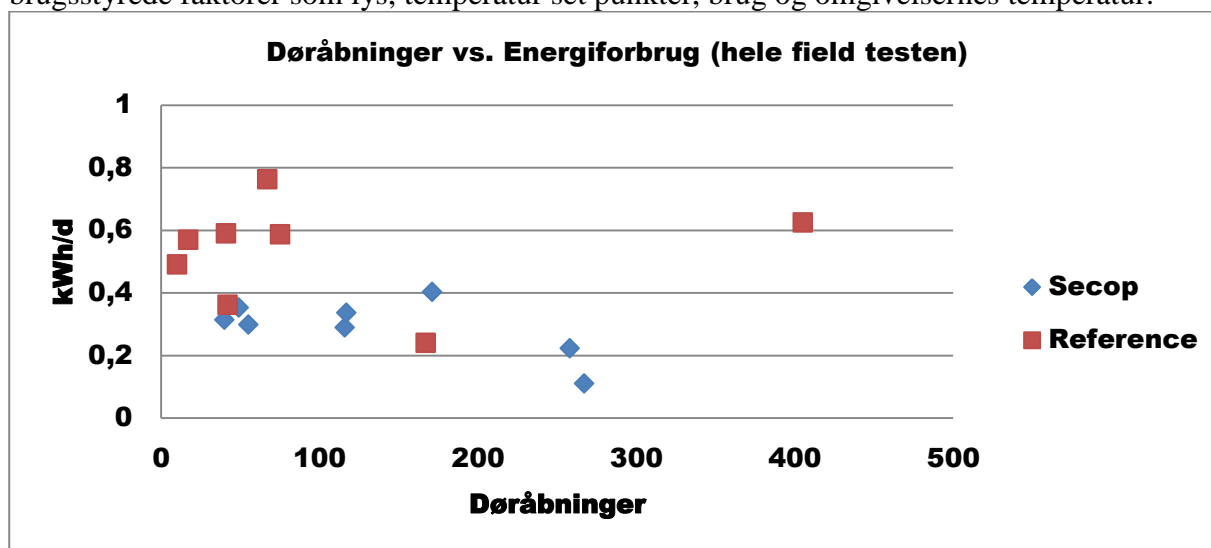


## Anden analyse

I anden analyse bliver måledata fra start af field-testen (d.22 marts) til tredje aflæsning (29.maj) vurderet.



Det ses at der er en ændring fra samme graf fra første målerunde. Et af reference-skabene ser ud til nu, at være mere energieffektivt end et par af Secop-modellerne. Det skyldes nok de mange brugsstyrede faktorer som lys, temperatur set punkter, brug og omgivelsernes temperatur.



Samme tendens ses for grafen med antallet af døråbninger vs. Energiforbrug. Derfor er det nødvendigt at vurdere grunden til de afvigende punkter. Det første og mest åbenlyse er at tage højde for de forskellige valg af lysindstillinger. En metode til at fratække lysets energiforbrug vil derfor i det næste afsnit blive beskrevet.

## Analyse med korrektion for lys

### Udledning af energiforbrug uden lys

Da der er forskel i brugerens indstilling af lys er følgende procedure benyttet til at fjerne variationerne i energiforbruget med hensyn til lyset. Vi har målt den samlede energi for skabet, tiden for lyset og den samlede driftstid for skabet. Derfor kan vi komme med et estimat for det samlede energiforbrug når lyset er tændt:

$$\text{Energiforbrug}_{\text{lys}}[\text{kWh}] = \frac{h_{\text{lys}}[\text{h}] \cdot \text{Effekt}_{\text{lys}}[\text{W}]}{1000 \left[ \frac{\text{Wh}}{\text{kWh}} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{\text{COP}} \right)$$

Her tages der højde for lysets energiforbrug i sig selv og den last lyset tilfører kølesystemet i form af varme som skal bortskaffes. Da lys og transformere begge er placeret inde i kassen kan det antages at den samlede effekt til lyset optages inde i skabet. COP-faktoren er sat til følgende:

- Secop COP: 3,97 (kondenseringstemperatur 35 ° C, fordampertemperatur -5 ° C)
- Reference COP: 2,85 (kondenseringstemperatur 40 ° C, fordampertemperatur -10 ° C)

De er fundet ud fra kompressorenes datablade (se bilag 1) og defineret ud fra ASHRAE testkonditioner.

Lysets effekt er i henhold til Emil Jacobsen, TI 's notat<sup>10</sup> estimeret til 8,5 Watt ved tændt lys for referencemodellen. Notatet beskriver referencemodellens effektilførsel inde i skabet ved forskellige belastningssituationer og de 8,5 Watt, kan udledes af følgende:

- Blæserkasse m. vent og styring (slukket vent/**slukket lys**) = 1,7 Watt
- Blæserkasse m. vent. Og styring (slukket vent/**tændt lys**) = 10,2

$$\text{Effekt}_{\text{lys,reference}} = 10,2 - 1,7 = 8,5 \text{ W}$$

Transformatoren monteret i referencemodellen er af mærket Wujiang og typen 7030108-03. Vinkøleren med Secop-kompressor er monteret med en switch mode transformer af mærket Mean well og typen APV12-12. Den nye switch mode transformer har af fabrikanten angivet en effektivitet på 0,82. Effektiviteten af Wujiang transformeren er fra notatet målt til 0,46 ved 100% last. Det giver en effektivitetsforbedring på 1,7826 og dermed en estimeret effekt på 4,94 Watt (8,5/1,7826) for Secop-modellen.

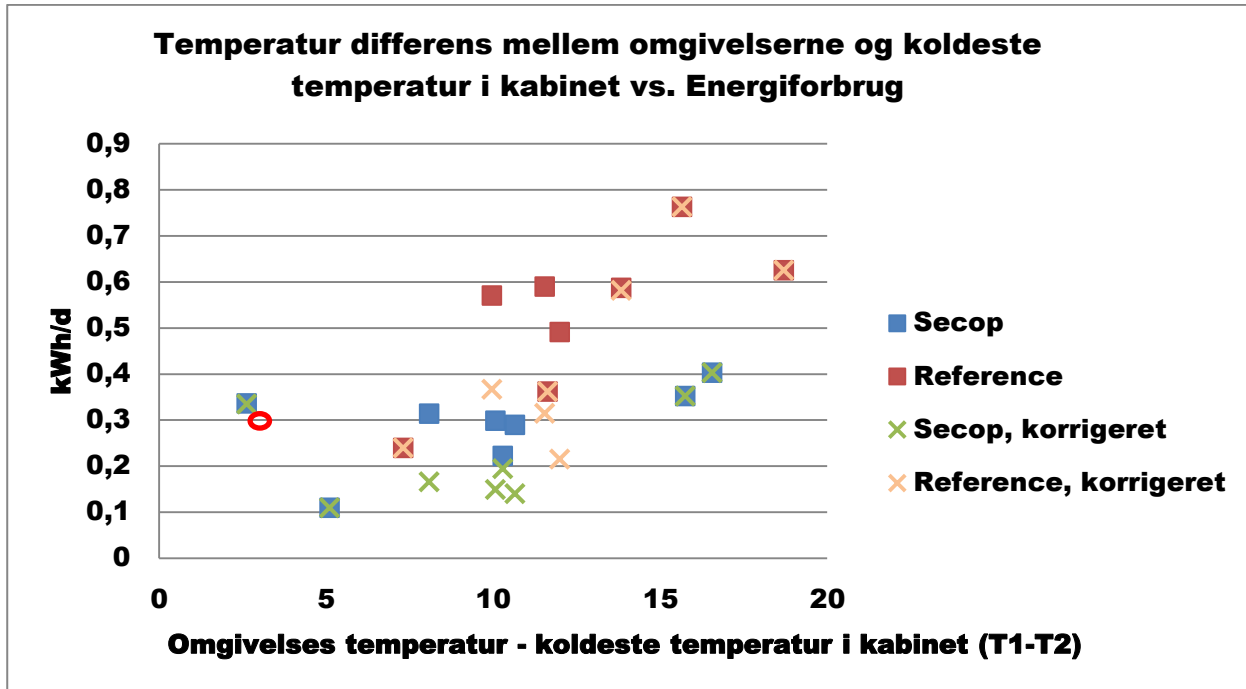
Når vi fratrækker lys fra det samlede energiforbrug vil den samlede formel se ud som følger, med energiforbruget givet pr. døgn:

$$\text{Energiforbrug} = \left( \text{Energiforbrug}_{\text{målt}}[\text{kWh}] - \frac{h_{\text{lys}}[\text{h}] \cdot \text{Effekt}_{\text{lys}}[\text{W}]}{1000 \left[ \frac{\text{Wh}}{\text{kWh}} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{\text{COP}} \right) \right) \cdot \frac{24 \left[ \frac{\text{timer}}{\text{døgn}} \right]}{h_{\text{samlet}}[\text{h}]}$$

<sup>10</sup> Notat vedr. elektriske emners effektforbrug, Vestfrost Vinkøler VKG 851 og Flaskekøler FKG 883, maj 2011

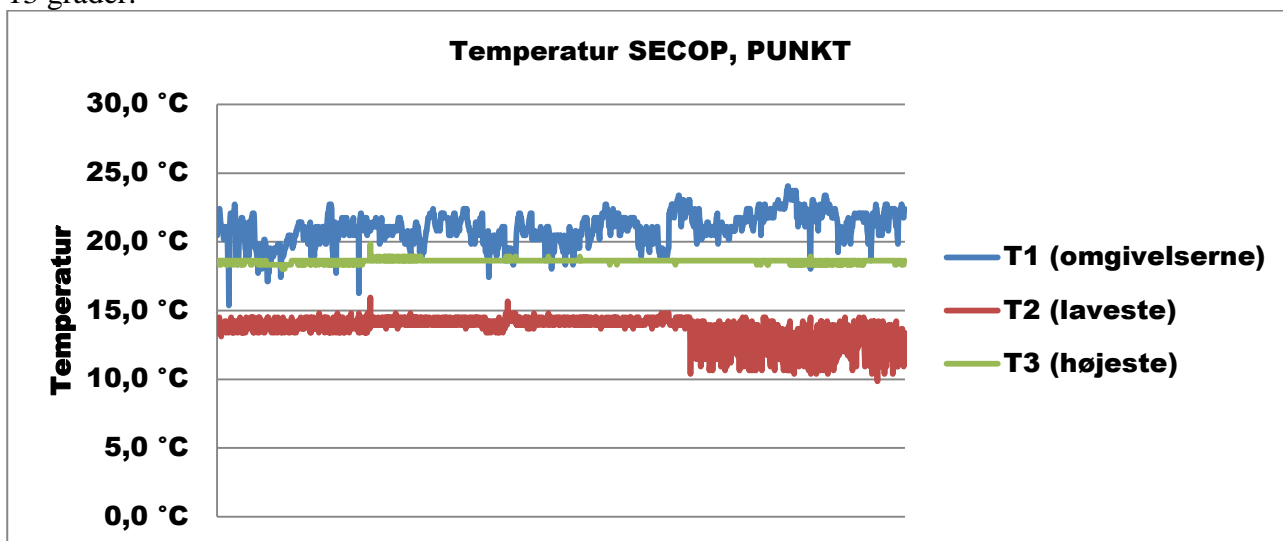
### Anden analyse uden lys

Nedenfor ses grafen for energiforbruget vs. Temperaturforskellen mellem koldeste temperatur i skabet og omgivelsernes temperatur, med både korrigerede data (uden lys) og de originale aflæste data.



Det ses hvordan et punkt for SECOP modellen skiller sig signifikant ud fra tendensen for de resterende målepunkter. Der er sat en rød cirkel ud for det afvigende punkt.

**Punkt for SECOP model:** Secop-modellen har en relativt høj temperaturforskel inde i skabet, og det øverste set-punkt er stort set lig omgivelsernes temperatur (Set punkt 21 grader). Inde i skabet viser temperaturloggeren for den varmeste temperatur stabilt 18,6 grader og det lavere set punkt er 13 grader.



Det ses tydeligt at der sker noget ved et datapunkt som svarer til cirka d. 9/5 2013 (Skab med temperatur logger nr.7). Det skyldes en ”børnesygdom” i styringsmodellen til SECOP-versionen, som ikke er egnet til denne drift situation. **Vestfrost er klar over fejlen og der vil blive gjort noget ved det.**

## Konklusion

### Besparelse

**Middelværdi for energibesparelse:** Dette er et groft estimat på besparelsen, da måledata er baseret på forskellig last situationer og afhænger af sammenligningen.

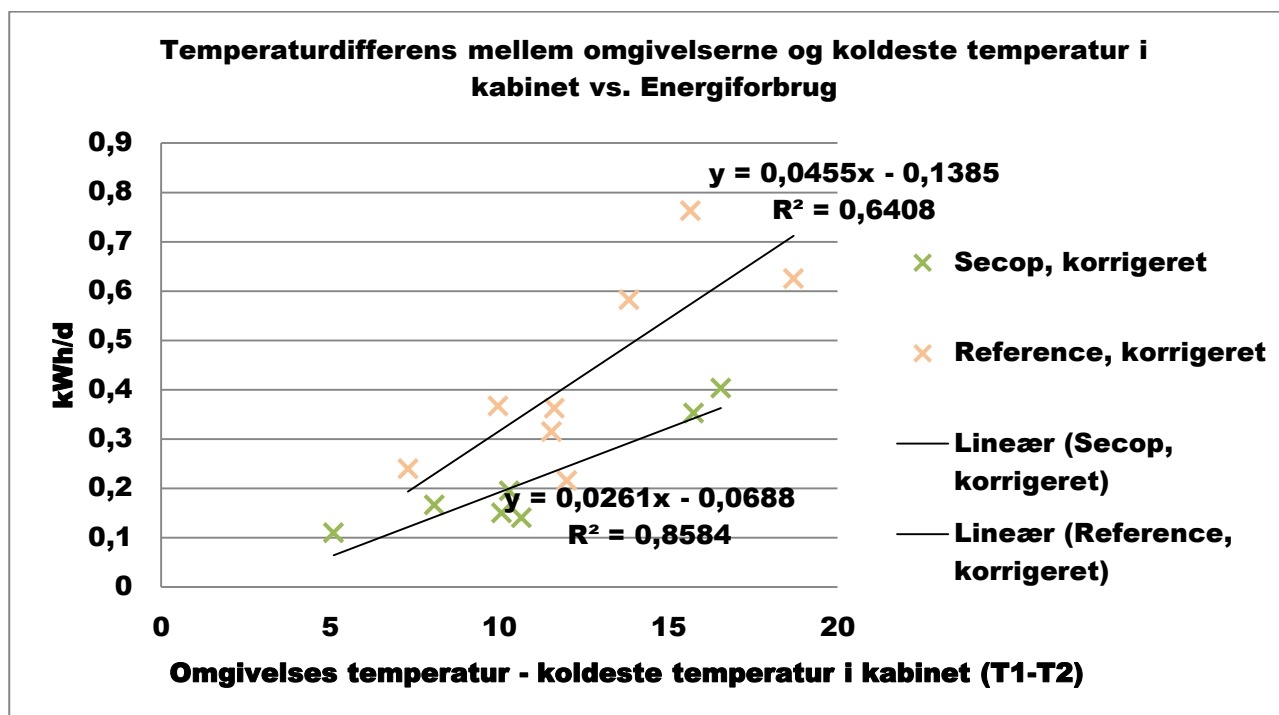
Med lys	kWh/d	Besparelse	Uden lys	kWh/d	Besparelse
SECOP	0,284132		SECOP	0,216278	
REFERENCE	0,528363	46,2 %	REFERENCE	0,433361	50,1 %

Tabel 9-7- Gennemsnitlig besparelse, datapunkt fjernet

Med lys	kWh/d	Besparelse	Uden lys	kWh/d	Besparelse
SECOP	0,290617		SECOP	0,231065	
REFERENCE	0,528363	45%	REFERENCE	0,433361	46,7%

Tabel 9-8 - Gennemsnitlig besparelse, alle datapunkter medtaget

Tabel 9-7 og Tabel 9-8 viser energibesparelsen med og uden korrektion for lys, for analyse med et datapunkt udeladt og for alle datapunkter.



Tabel 9-7 og tabel 9-8 bekræfter hvad der også kan ses på figuren. Det ses at der ved SECOP-modellerne er en signifikant besparelse i forhold til reference-modellerne. Vi har forsøgt at korrigere for lysets effekt på energiforbruget. Det bemærkes at et referencepunkt falder under tendenslinjen for SECOP-modellen, på figuren og dette kan være et tegn på at parametrene i det





korrigerede energiforbrug (lysets effekt) måske skal revurderes. Under alle omstændigheder kan det indtil nu konkluderes at der er opnået en signifikant gennemsnitlig energibesparelse. Når vi ser bort fra lyset vil den gennemsnitlige energibesparelse ligge mellem 46,7 og 50,1 % afhængig af om vi udelader målepunktet som gør styrings-strategien dårlig. Hvis vi ser bort fra lysets indvirkning på energiforbruget og dermed ikke korrigerer for lyset, opnås en gennemsnitlig energibesparelse mellem 45 og 46,2 %.

#### Udvalgte "sammenlignelige" eksempler:

	Skab	Termostat	Lys tændt	Opfyldning	Åbninger	Energi pr dag
<b>Secop</b>	DL 4	(9-7)	0,5	3	171	0,402565
<b>Reference</b>	DL 1	(8-6)	0,3	3	67	0,762522
<b>Besparelse</b>	47,2 %					

	Skab	Termostat	Lys tændt	Opfyldning	Åbninger	Energi pr dag
<b>Secop</b>	DL 2	(17-17)	0,89	2	267	0,109538
<b>Reference</b>	DL3	(19-15)	0,61	3	167	0,239544
<b>Besparelse</b>	54,3 %					

	Skab	Termostat	Lys tændt	Opfyldning	Åbninger	Energi pr dag
<b>Secop</b>	PKE	(17-8)	0,21	1	49	0,35219
<b>Reference</b>	MBJ	(18-6)	29,74	1	75	0,581668
<b>Besbarelse</b>	39,45%		0	0	0	

### Fieldtest statusrapport 3

Dette notat indeholder en beskrivelse af status for field testen af Vinkølere fra Vestfrost Solution, August 2013. Indtil nu har Teknologisk Institut udført tre dataopsamlinger som har ligget til grundlag for tidligere statusrapporter. Dette er dermed den 3 statusrapport for field test af vinkølerne.

#### Data og ændringer

Nedenstående skemaer viser data indsamlingen for den fjerde aflæsningsrunde. Grundet ferie og ikke-varslet flytning af skab mangler der data for Buenos Aires og Aakjær 2, henholdsvis.

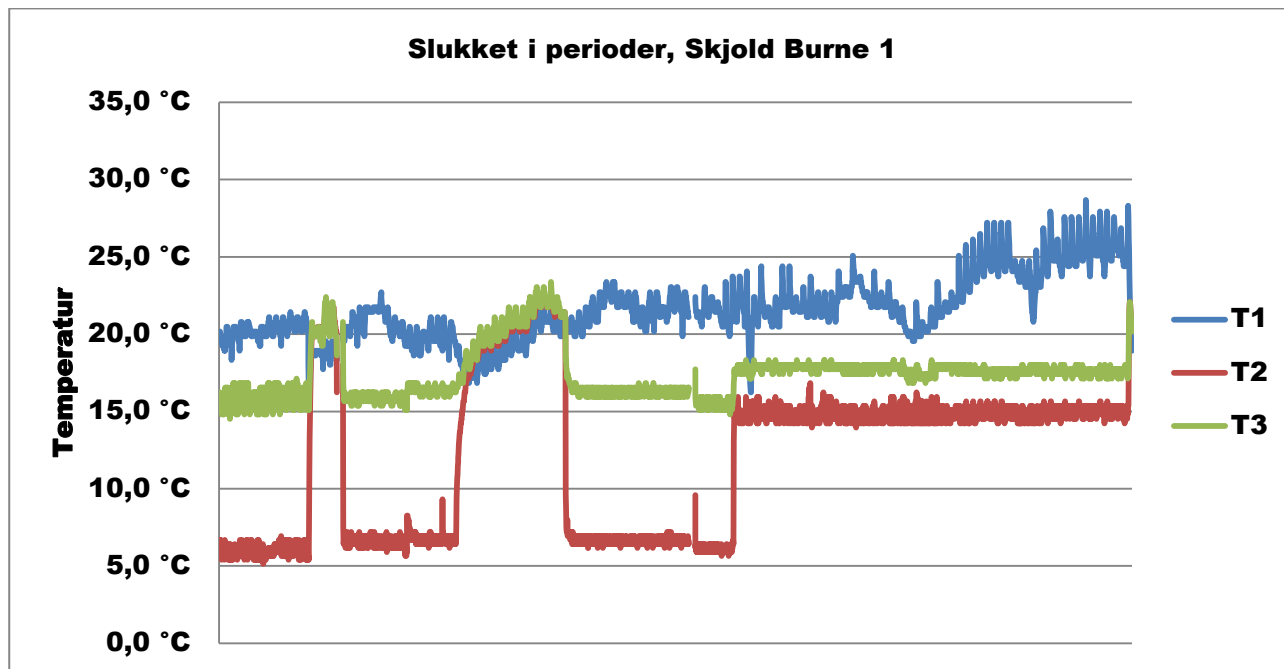
Secop	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Bemærkning
Dronning Louise 4	61	1,14	3379,85	(8-5)	3	383	
Vinoble 1	45,4	3380,46	3380,49	(14-7)	3	280	Flyttet
Skjold Burne 1	40	2913,45	2922,46	(17-9)	1	57	
Aakjær 1	43,7	3382,04	3382,04	(12-7)	3	197	
Buenos Aires	-	-	-	-	-	-	Data mangler
AL	38,9	49,37	3362,38	(20-15)	2	259	
Dronning Louise 2	17,9	1,83	3380,32	(18-18)	2	482	
PK	56,3	0,89	3481,17	(17-7)	1	266	

Reference	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	
Dronning Louise 1	116,1	152,69	3380,52	(8-5)	2	153	
LB	53,4	0,67	3295,57	(19-10)	2	118	
Vinoble 2	90,3	3379,95	3380,22	(10-7)	2	110	
Aakjær 2	-	-	-	-	-	-	Data mangler
Skjold Burne 2	73,7	2631,24	2915,36	(17-7)	2	35	
Hjerting Badedhotel	96,1	1,85	3383,89	(17-7)	2	804	
Dronning Louise 3	37,7	1,59	3443,09	(18-15)	3	426	
MB/D	63,8	29,92	3364,63	(16-16)	3	94	Flyttet

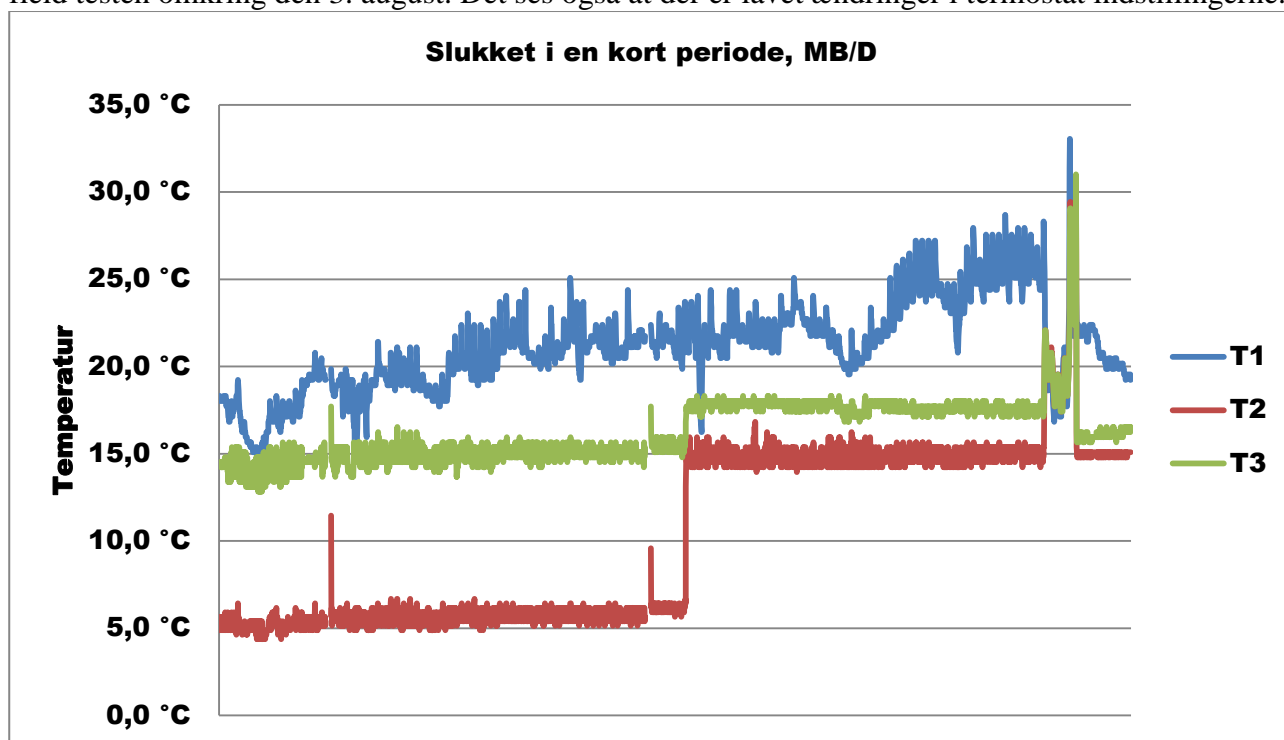
- Det private skab MB er flyttet til en anden privat (D).
- Vinoble 1 er blevet flyttet til ny butik i Kongensgade.

#### Slukning og flytninger

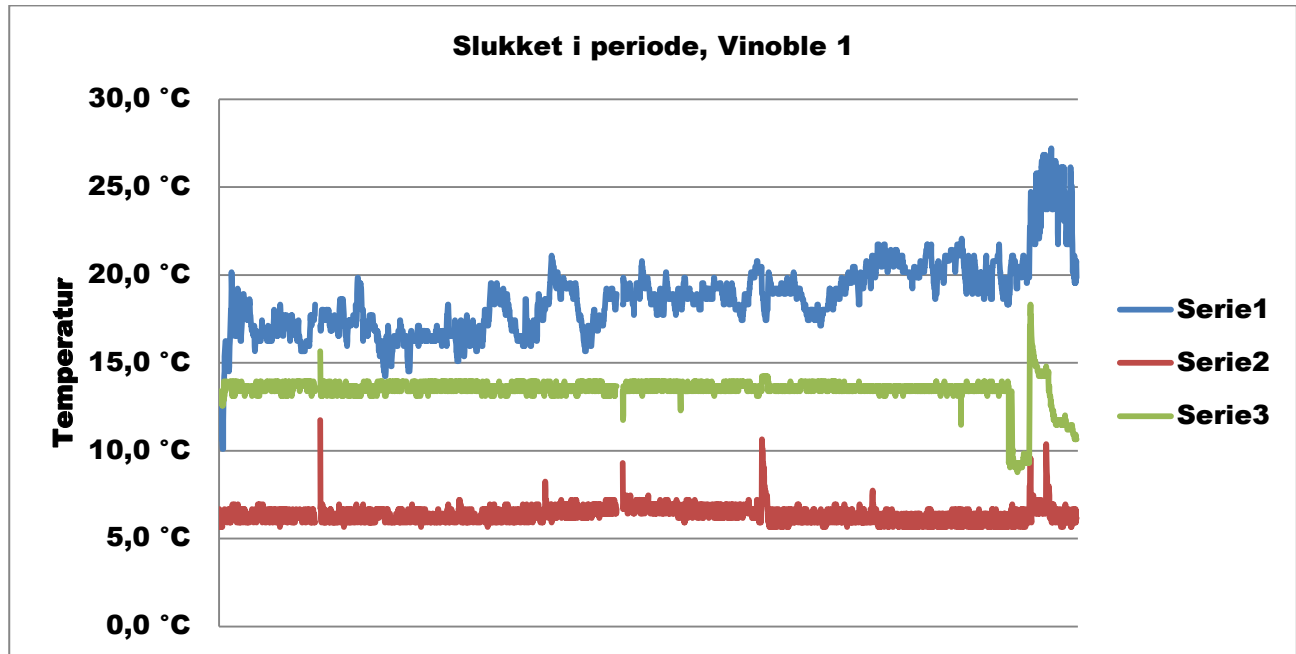
Som det ses i skemaet, har de fleste skabe en driftstid på omkring 3300 timer. Skjold Burne har dog været slukket i perioder hvilket også er vist i nedenstående graf. Grafen viser hele field test perioden. Perioderne hvor skabet har været slukket gælder både for Skjold Burne 1 og 2. Skabene har haft konstant tilslutning til strømforsyning siden d. 11/5 2013.



Flytningen af den private reference model kan ses på nedenstående graf. Flytningen er sket sent i field testen omkring den 3. august. Det ses også at der er lavet ændringer i termostat indstillingerne.



Flytningen af Vinoble 1, til den nye butik er sket til slut i aflæsningsperioden.



Figur 9-47 - MB/D, Ny placering i opvarmet garage



Figur 9-48 - Vinoble 1, ny butik

Det vurderes at de to små flytninger og et par perioder med slukket strømforsyning for Skjold Burne skabene, ikke har en signifikant indflydelse på skabenes overordnede data i field testen. De vurderes til stadig at være brugbare i analysen, idet analysen er baseret på driftstid, som bliver målt direkte.

## Udledning af energiforbrug uden lys

Da der er forskel i brugerens indstilling af lys er følgende procedure benyttet i et forsøg på at fjerne variationerne i energiforbruget med hensyn til lyset. Vi har målt den samlede energi for skabet, tiden for lyset og den samlede driftstid for skabet. Derfor kan vi komme med et estimat for det samlede energiforbrug når lyset er tændt:

$$Energiforbrug_{lys}[kWh] = \frac{h_{lys}[h] \cdot Effekt_{lys}[W]}{1000 \left[ \frac{Wh}{kWh} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{COP} \right)$$

Her tages der højde for lysets energiforbrug i sig selv og den last lyset tilfører kølesystemet i form af varme som skal bortskaffes. Da lys og transformer begge er placeret inde i kassen kan det antages at den samlede effekt til lyset optages inde i skabet. COP-faktoren er sat til følgende:

- Secop COP: 3,97 (kondenseringstemperatur 35 ° C, fordampertemperatur -5 ° C)
- Reference COP: 2,85 (kondenseringstemperatur 40 ° C, fordampertemperatur -10 ° C)

De er fundet ud fra kompressorenes datablade (se bilag 1) og defineret ud fra ASHRAE testkonditioner.

Lysets effekt er i henhold til Emil Jacobsen, TI 's notat<sup>11</sup> estimeret til 8,5 Watt ved tændt lys for referencemodellen. Notatet beskriver referencemodellens effekttilførsel inde i skabet ved forskellige belastningssituationer og de 8,5 Watt, kan udledes af følgende:

- Blæserkasse m. vent og styring (slukket vent/ **slukket lys**) = 1,7 Watt
- Blæserkasse m. vent. Og styring (slukket vent/**tændt lys**) = 10,2

$$Effekt_{lys,reference} = 10,2 - 1,7 = 8,5 W$$

Transformatoren monteret i referencemodellen er af mærket Wujiang og typen 7030108-03. Vinkøleren med Secop-kompressor er monteret med en switch mode transformer af mærket Mean well og typen APV12-12. Den nye switch mode transformer har af fabrikanten angivet en effektivitet på 0,82. Effektiviteten af Wujiang transformeren er fra notatet målt til 0,46 ved 100% last. Det giver en effektivitetsforbedring på 1,7826 og dermed en estimeret effekt på 4,94 Watt (8,5/1,7826) for Secop-modellen.

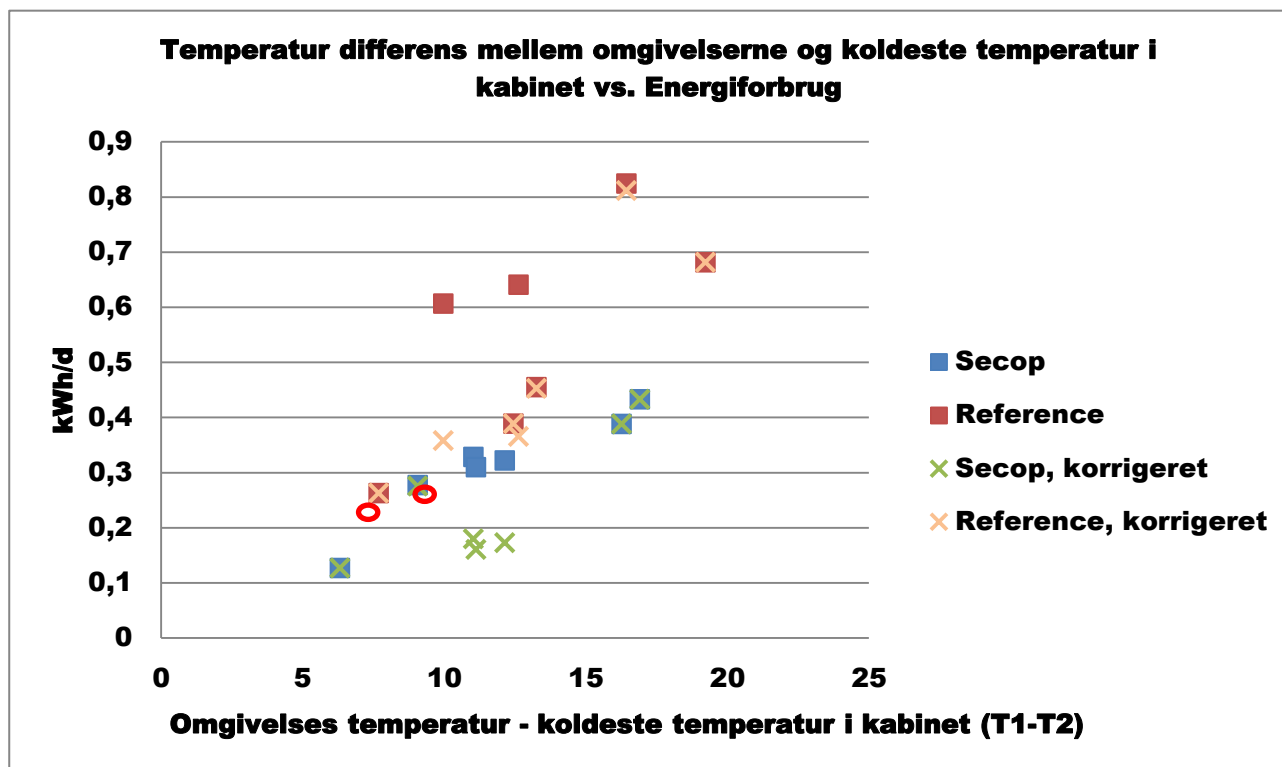
Når vi fratrækker lys fra det samlede energiforbrug vil den samlede formel se ud som følger, med energiforbruget givet pr. døgn:

$$Energiforbrug = \left( Energiforbrug_{m\ddot{a}lt}[kwh] - \frac{h_{lys}[h] \cdot Effekt_{lys}[W]}{1000 \left[ \frac{Wh}{kWh} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{COP} \right) \right) \cdot \frac{24 \left[ \frac{timer}{d\ddot{o}gn} \right]}{h_{samlet}[h]}$$

<sup>11</sup> Notat vedr. elektriske emners effektforbrug, Vestfrost Vinkøler VKG 851 og Flaskekøler FKG 883, maj 2011

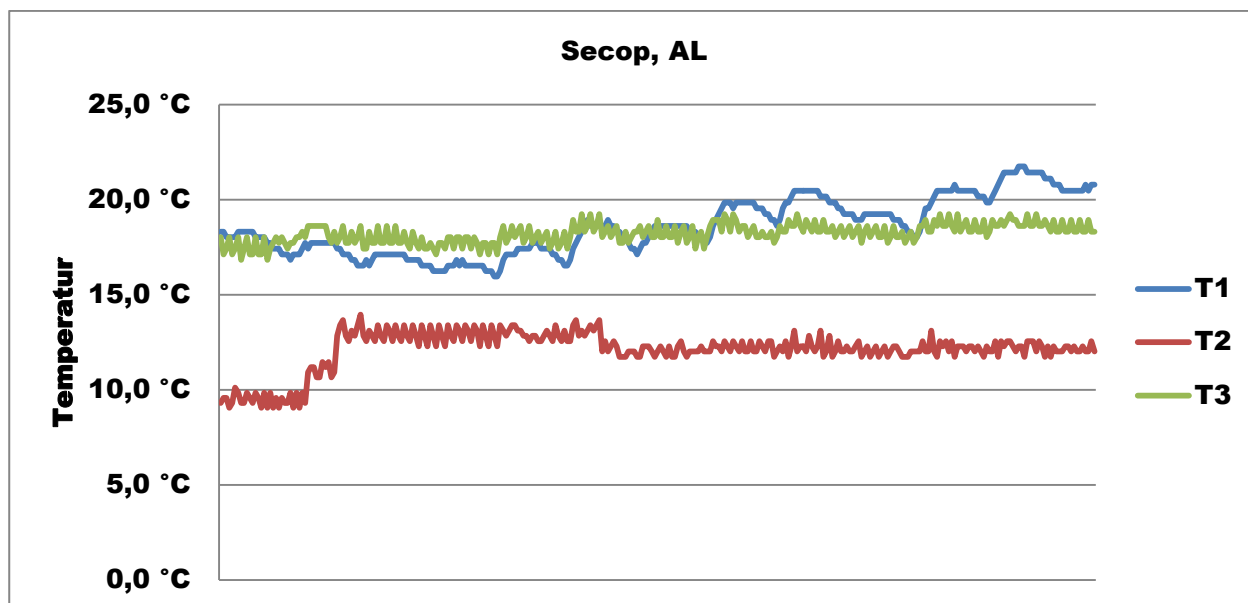
### Tredje analyse.

Nedenfor ses grafen for energiforbruget vs. Temperaturforskellen mellem koldeste temperatur i skabet og omgivelsernes temperatur, med både korrigerede data (uden lys) og de originale aflæste data. Data er for hele perioden indtil nu.

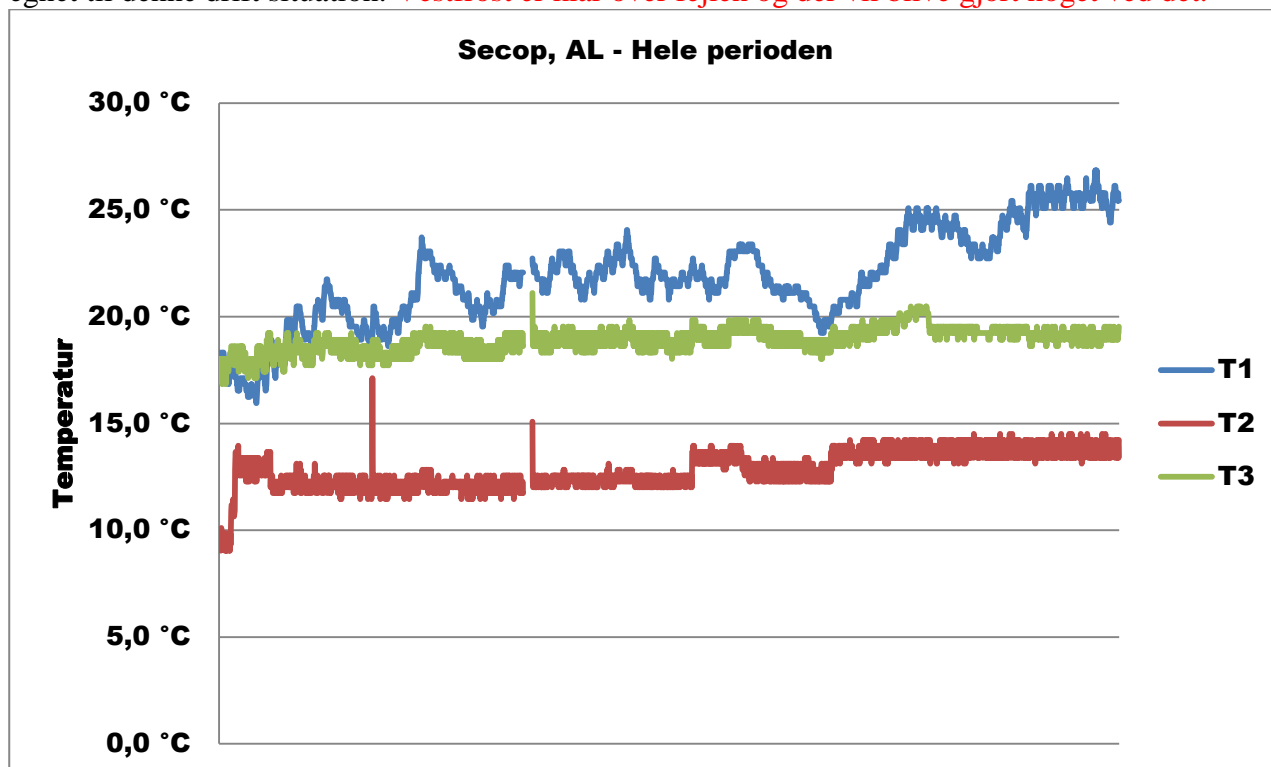


Det ses hvordan et punkt for SECOP modellen og reference modellen stadig skiller sig ud fra tendensen. De to punkter er illustreret med en rød ring og beskrevet nedenfor. Det skal noteres at de beskrevne tendenser på graferne er målt i forrige aflæsningsperiode, og det ser ud til at højere temperaturer henover sommeren, har løst problemet med SECOP modellens styring.

Punkt for SECOP model - AL:



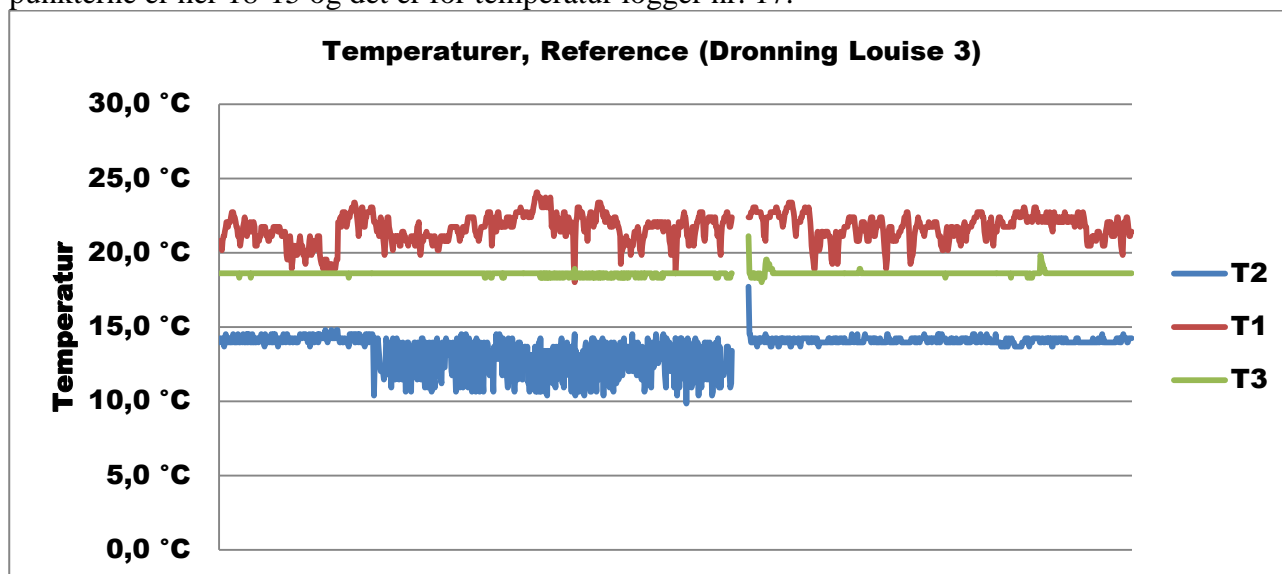
Det ses at der sker noget ved et datapunkt som svarer til cirka d. 26/4 2013 (Skab med temperatur logger nr.7). Det skyldes en ”børnesygdom” i styringsmodellen til SECOP-versionen, som ikke er egnet til denne drift situation. Vestfrost er klar over fejlen og der vil blive gjort noget ved det.



AL skabet er blevet justeret fra set punkt 20-10 til 20-13 til 20-15. Hvilket stemmer overens med grafen for hele perioden.

### Punkt for Reference model - Dronning Louise 3

En lignende tendens sker for denne model, startende fra d. 9/5 2013 og slutter d. 28/5 2013. Set punkterne er her 18-15 og det er for temperatur logger nr. 17.



Det ses at omgivelsernes temperatur, set-punktet i toppen og den tilsvarende målte temperatur ikke burde give anledning til at varmelegemet vil slå til. Springet i grafen er bevist lavet for at illustrere det tidspunkt, aflæsning af data er blevet udført. Derfor må den eneste grund være en fejl/løs forbindelse i temperatur-loggeren, som er blevet løst, da aflæsning af data og genstart af loggeren er blevet foretaget. Skabet har en fordelagtig set-punkt indstilling, hvilket muligvis kan beskrive det lave energi forbrug sammenlignet med de andre skabe.

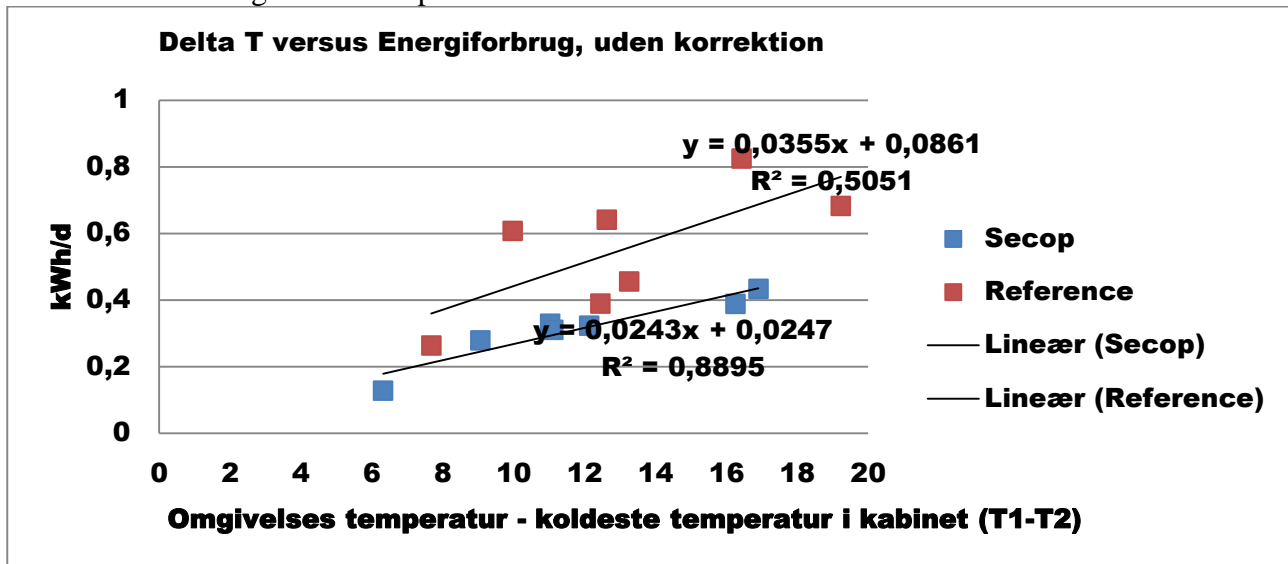


## Besparelse

### Gennemsnit

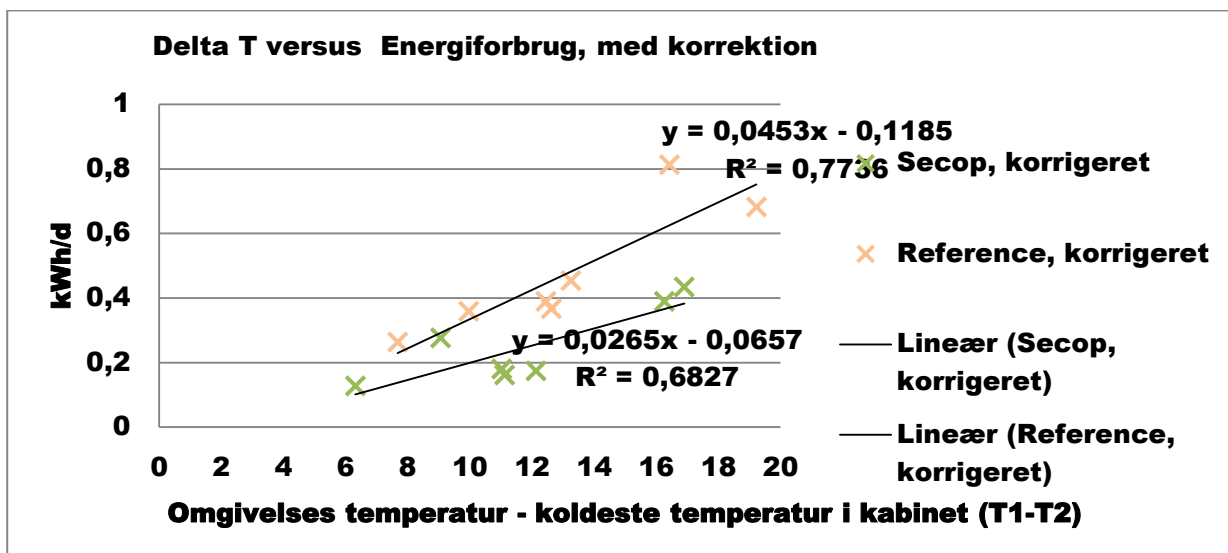
**Middelværdi for energibesparelse:** Dette er et groft estimat på besparelsen, da måledata er baseret på forskellig last situationer og afhænger af sammenligningen. Skabene som mangler målinger, er fjernet fra analysen indtil videre.

Tabel 1 og 2 viser energibesparelsen med og uden korrektion for lys. Det ses at der ved SECOP-modellerne er en signifikant besparelse i forhold til reference-modellerne.



Med lys	kWh/d	Besparelse
SECOP	0,312424131	
REFERENCE	0,551493376	43,34%

Tabel 1 - Gennemsnitlig energibesparelse, uden korrektion for lys



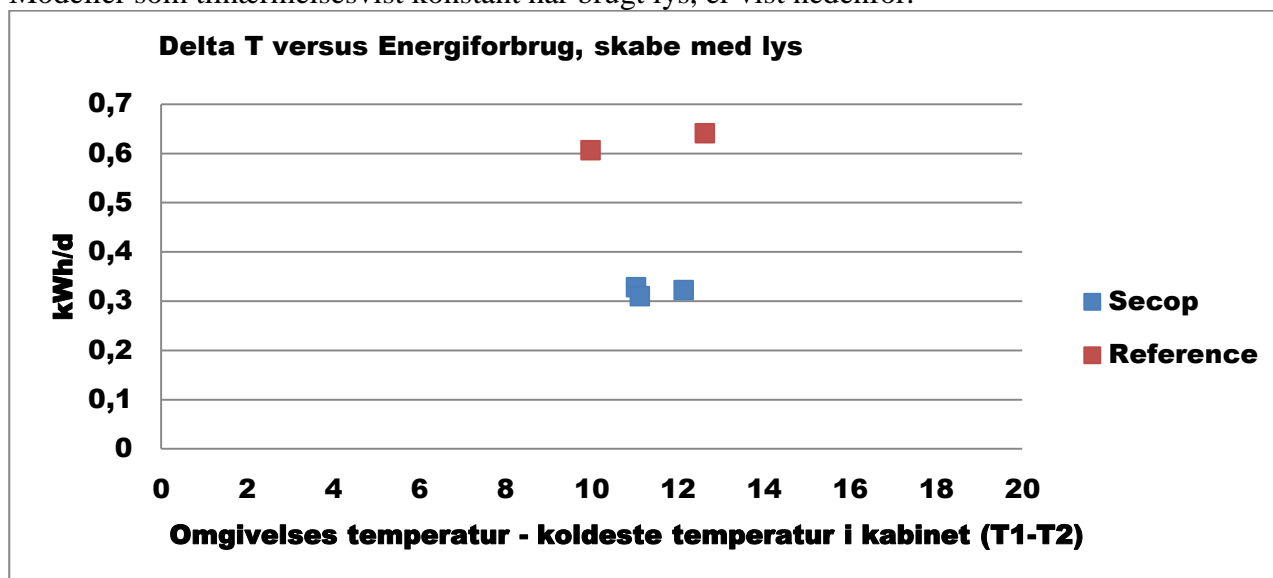
Uden lys	kWh/d	Besparelse
<b>SECOP</b>	0,248156095	
<b>REFERENCE</b>	0,474420408	<u>47,69 %</u>

Tabel 2 - Gennemsnitlig besparelse, med korrektion for lys

Vi har altså korrigeret for lysets effekt på energiforbruget. Den gennemsnitlige energibesparelse ligger mellem 43,34 % uden korrektion og 47,69 % med korrektion for lys.

### Modeller med lyset tændt konstant

Modeller som tilnærmelsesvist konstant har brugt lys, er vist nedenfor.



<b>Secop</b>		Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger/d	[kWh/d]
Vinoble	1	45,4	3380	3380	(14-7)	3	280	1,98	0,3223
Skjold	1	40	2913	2922	(17-9)	1	57	0,46	0,3284
Aakjær	1	43,7	3382	3382	(12-7)	3	197	1,39	0,3101
<b>Reference</b>		Energi[kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger/d	[kWh/d]
Vinoble	2	90,3	3379	3380	(10-7)	2	110	0,78	0,6411
Skjold	2	73,7	2631	2915	(17-7)	2	35	0,28	0,6067



Figur 1 – Skjold Burne 1 og 2



Figur 9-49 – Vinoble 1 (ny butik)



Figur 9-50 – Vinoble 2



Figur 9-51 – Aakjær 1

Nedenstående tabel, viser energibesparelsen for skabene som har haft lyset tændt hele tiden. Individuelle sammenligninger og den gennemsnitlige besparelse er vist. Temperaturforskellen mellem den laveste temperatur og omgivelserne, ses at være nogenlunde ens på grafen. Derfor er der ikke taget højde for temperaturforskellen i valget af sammenligninger.

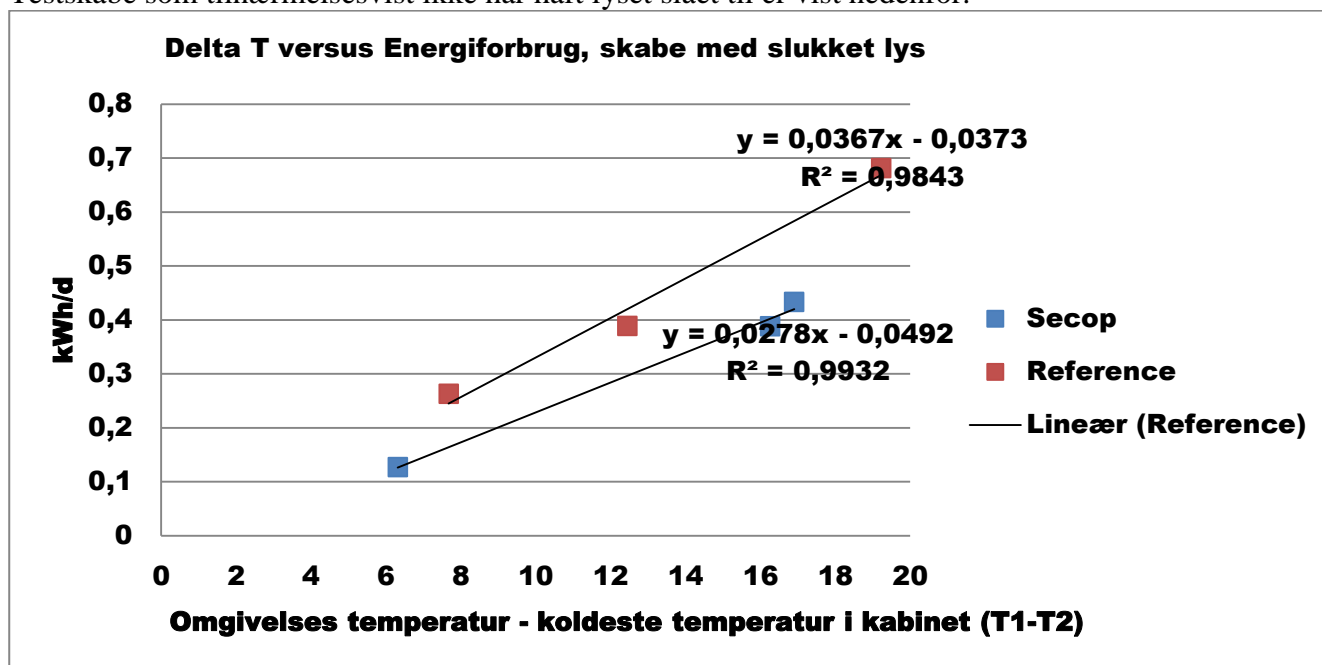
Reference	Secop	Besparelse (%)
Vinoble 2	Vinoble 1	49,727
Vinoble 2	Skjold Burne 1	48,764
Vinoble 2	Aakjær 1	51,631
Skjold Burne 2	Vinoble 1	46,874
Skjold Burne 2	Skjold Burne 1	45,857
Skjold Burne 2	Aakjær 1	48,887
Middelværdi		48,623

Tabel 3 - Energibesparelse, ved konstant lys. Skabe er sammenlignet parvis.

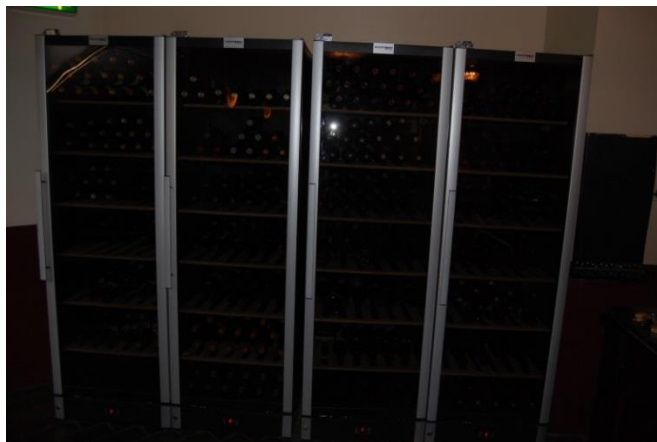
Det skal bemærkes at Secop-modellerne generelt har haft flere døråbninger end reference skabene.

### Modeller som ikke har brugt lys

Testskabe som tilnærmelsesvist ikke har haft lyset slået til er vist nedenfor.



Secop		Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger/d [kWh/d]	
D Louise	4	61	1,14	3379	(8-5)	3	383	2,71	0,4331
D Louise	2	17,9	1,83	3380	(18-18)	2	482	3,42	0,1270
PK		56,3	0,89	3481	(17-7)	1	266	1,83	0,3881
Reference		Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger/d [kWh/d]	
LB		53,4	0,67	3295,57	(19-10)	2	118	0,85	0,3888
Hj Badehotel		96,1	1,85	3383,89	(17-7)	2	804	5,70	0,6815
D Louise 3		37,7	1,59	3443,09	(18-15)	3	426	2,96	0,2627



Figur 9-52 – Dronning Louise 1,2,3,4



Figur 9-53 – Hjerting badehotel



Figur 9-54 – LB



Figur 9-55 - PK. Billede fra første besøg (mere fyldt nu)

Sammenligning af D Louise 2 og D Louise 3 giver en besparelse på 52 %. Sammenligning af PK og Hjerting Badehotel giver en besparelse på 43 %. Selvom set-punkterne stemmer rimelig overens til en sammenligning, er de dog ikke helt fair. De har ikke samme forskel mellem koldeste temperatur i kabinet og omgivelsernes temperatur, hvilket ses på grafen. Det ses på grafen at det umiddelbart er svært at finde sammenlignelige temperaturforskelle, for de viste testskabe. En gennemsnitsbesparelse er derfor udregnet for punkterne og vist i nedenstående tabel.

	kWh/dag	Besparelse (%)
Secop	0,3161	
Reference	0,4444	28,86

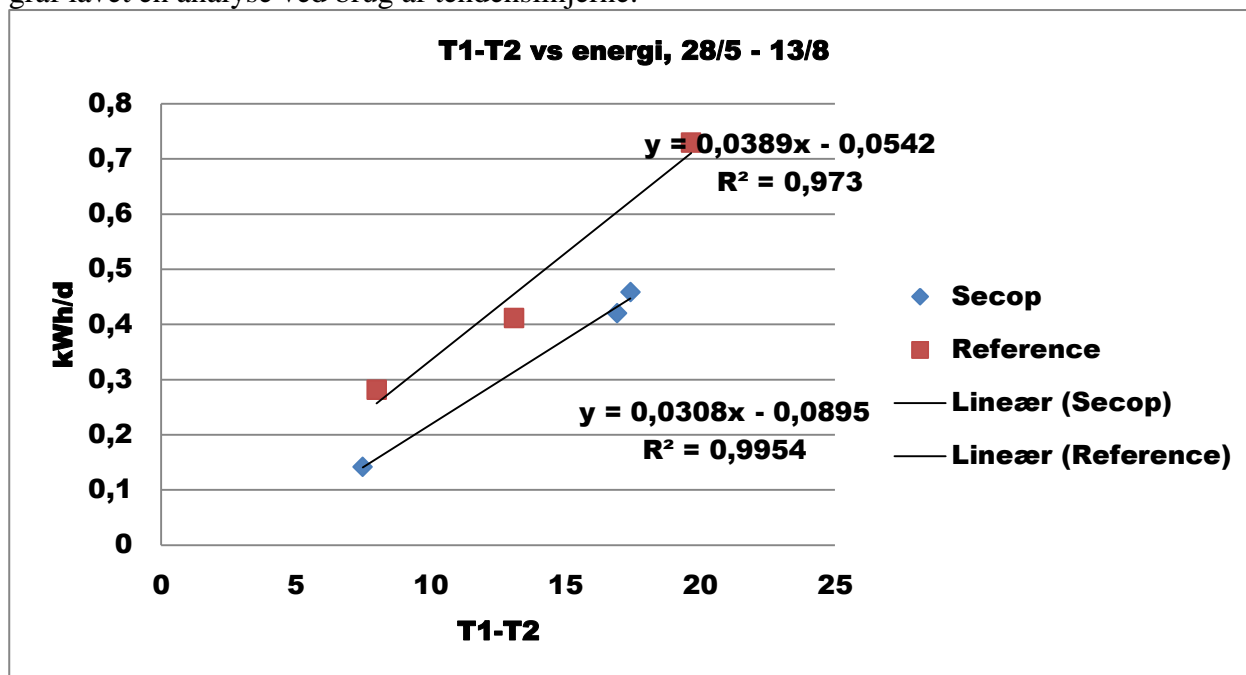


I forhold til besparelsen med lyset tændt, ses det at energibesparelsen er noget lavere i disse situationer. Gennemsnitsbesparelsen var omkring 48,6 % med lyset tændt og 43 % med korrektion for lyset. Det er lidt underligt at denne besparelse ikke stemmer helt overens, men kan måske forklares af få data, samt usikkerhed i modellen for korrektion.

Der har muligvis været en aflæsningsfejl i en foregående periode, på reference skab nr. 17 (Dronning Louise 3). Den har i perioden fra den 9/4 til 28/5 en reduktion i energiforbruget per tid på 50 procent. I den periode er der ikke sket ændringer i set-punkter eller brugsmønstret. Derfor er opdeling af måleperioder lavet for den sidste periode henover sommeren (28/5-13/8).

## Periode inddeling

Det er svært at sammenligne skabene som ikke har brugt lys. Derfor er der for den nedenstående graf lavet en analyse ved brug af tendenslinjerne.



<b>Secop</b>	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger/d	[kWh/d]
D Louise 4	35,3	0,64	1847,86	(8-5)	3	2,75	0,45841
D Louise 2	10,9	0,94	1847,82	(18-18)	2	2,79	0,14157
PK	32,3	0,68	1845,78	(17-7)	1	2,82	0,41998
<b>Reference</b>	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger/d	[kWh/d]
LB	30,8	0,29	1796	(19-10)	3	1	0,4115
Hjerting Badehotel	55,6	0,9	1829,27	(17-7)	2	5,23	0,7294
D Louise 3	22,4	0,98	1910,88	(18-15)	3	3,25	0,2813

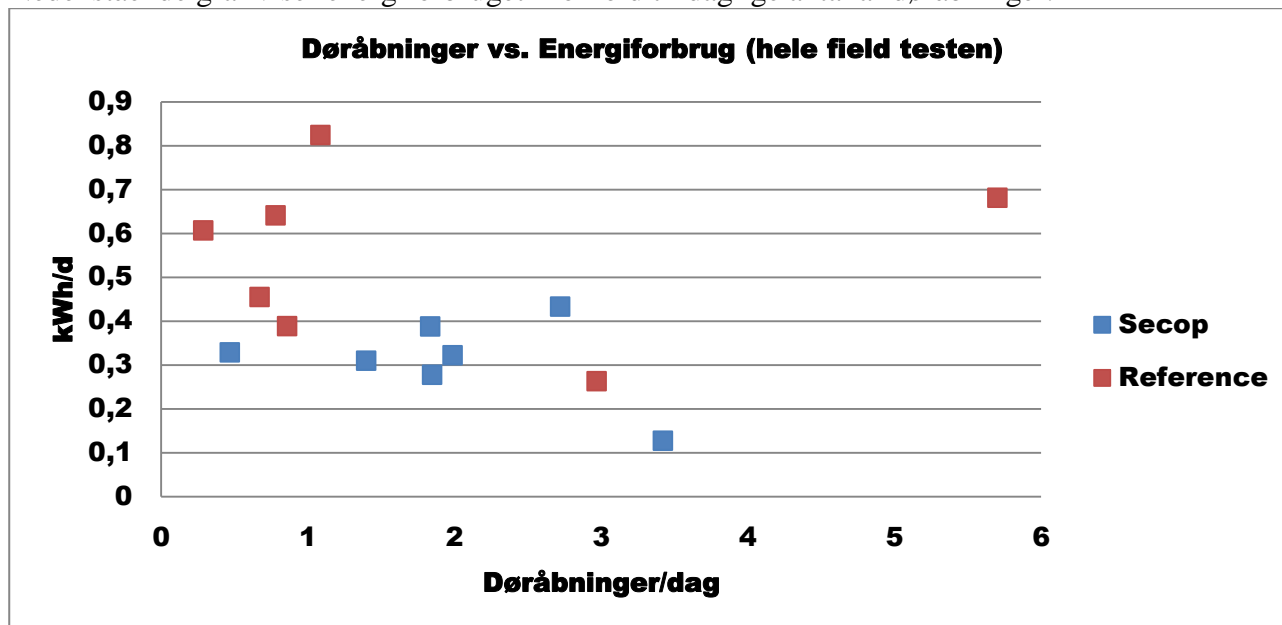
Nedenstående tabel, viser to yderpunkter på tendenslinjerne, brugt til at beregne energibesparelsen.

T1-T2	kWh/d	Besparelse (%)
Secop	8	0,1569
Reference	8	0,257
38,9		
T1-T2	kWh/d	Besparelse (%)
Secop	16	0,4033
Reference	16	0,5682
29		

Det ses at den estimerede besparelse nu er mellem 29 og 38,9 % ud for tendenslinjen. Dette er højere end for den samlede periode. Hvis Dronning Louise 2 og 3 sammenlignes er der opnået en besparelse på 49,6%. PK og Hjerting Badehotel giver en besparelse på 42,4%.

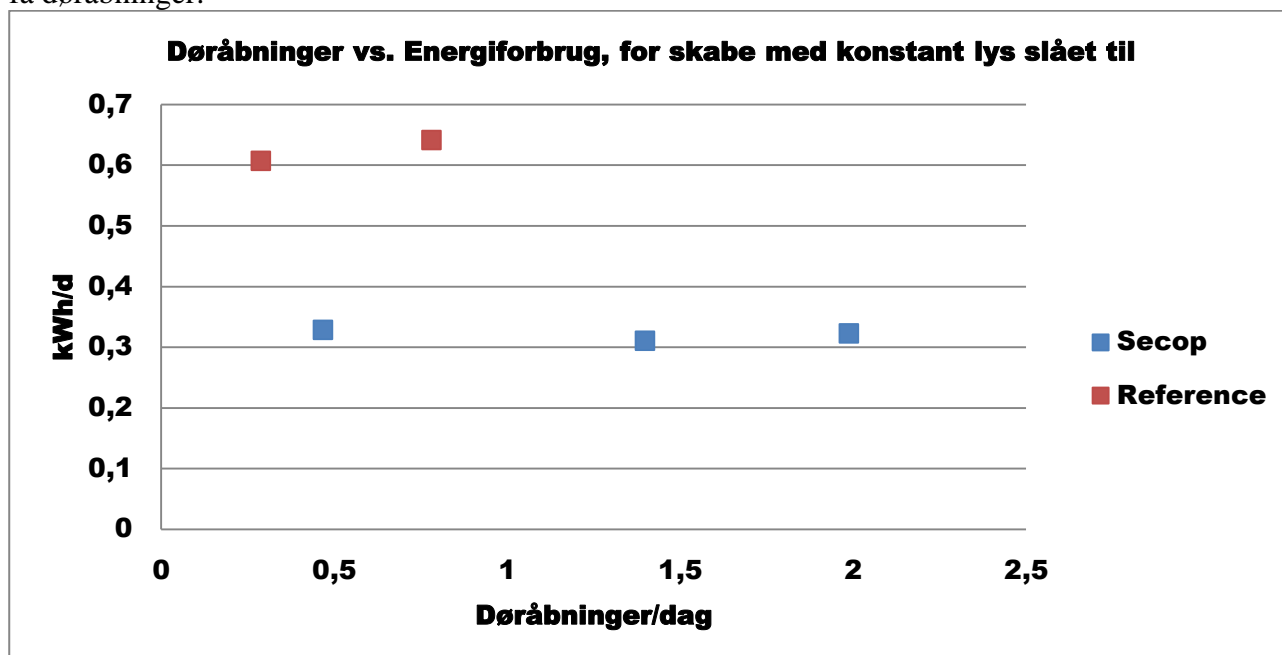
## Døråbninger

Nedenstående graf viser energiforbruget i forhold til daglige antal af døråbninger.



Der kan stadigvæk ikke siges at døråbningerne har nogen signifikant betydning for energiforbruget, i denne analyse. Det kan forklares ved det lave antal af døråbninger per dag, som fremgår af grafen. Generelt set bliver de åbnet maksimalt 3 gange om dagen, og en enkelt model (Hjerting Badehotel) kommer næsten op på 6 åbninger på en dag.

Nedenstående graf viser energiforbrug per døgn versus åbninger per døgn, for skabene som har slået lys til hele tiden. Som tidligere beskrevet er de sammenlignelige med hensyn til temperaturforskellen ( $T_1 - T_2$ ). Det ses hvorledes der ikke kan konkluderes noget på baggrund af de få døråbninger.







## Konklusion

Tendensen fra tidligere fortsætter. Den overordnede gennemsnitlige energibesparelse ligger mellem 43,34 og 47,69 procent afhængig af om vi korrigerer for lyset eller ej. Når vi ser på data uden korrektion for lyset er der en besparelse på 43,34 %. En parvis sammenligning for skabe med konstant tændt lys, har i field testen en gennemsnitsbesparelse på ca. 48 %.

Data-aflæsninger af de to resterende skabe (Buenos Aires og Aakjær) bliver gjort i nær fremtid af Vestfrost. Et nyt sæt programmerede temperaturloggere vil blive sendt til Vestfrost og af dem skiftet ud med de datafyldte loggere. Temperatur loggerne med temperaturudvikling fra de to skabe vil blive sendt til Teknologisk Institut.

## Fieldtest statusrapport 4

Dette notat indeholder en beskrivelse af status for field testen af Vinkølere fra Vestfrost Solution, september 2013. Indtil nu har Teknologisk Institut udført fire dataopsamlinger som har ligget til grundlag for tidligere statusrapporter. Dette er dermed den 4 statusrapport for field test af vinkølerne. Det er derudover den sidste statusrapport inden hovedrapporten, da skabene er blevet aflæst for sidste gang d.14/10-2013.

### Data og ændringer

Nedenstående skemaer viser data indsamlingen for den fjerde aflæsningsrunde.

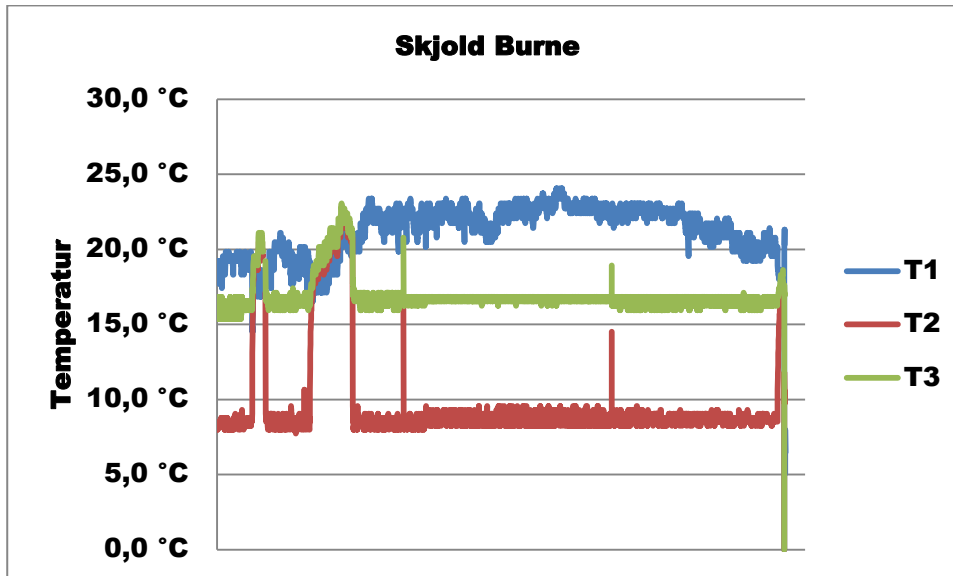
<b>Secop</b>	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger
Dronning Louise 4	87,9	1,59	4867,27	(8-5)	2	494
<b>Vinoble 1</b>	<b>45,4</b>	4868,19	4868,22	(14-7)	3	347
Skjold Burne 1	58	4352,87	4361,91		1	79
Aakjær 1	64,4	4869,67	4869,67	(12-7)	1	209
Buenos Aires	37,7	868,28	4845,55	(19-17)	2	784
Asger Lauridsen Ribe	47,6	51,54	4851,13	(20-15)	2	305
Dronning Louise 2	24,4	2,72	4867,65	(18-18)	2	668
Pia Kjær Esbjerg	80,4	1,22	4963,95	(17-7)	1	390

<b>Reference</b>	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger
Dronning Louise 1	164,5	152,9	4867,78	(8-5)	2	211
Lasse Bech Varde	77,4	0,94	4783,98	(21-11)	3	182
Vinoble 2	133,1	4866,54	4866,54	(10-7)	2	129
Aakjær 2	90	3827,21	3827,22	(14-7)	0	133
Skjold Burne 2	109,1	4070,73	4354,88		1	48
Hjerting Badedhotel	138,3	2,5	4871,94	(17-7)	2	1127
Dronning Louise 3	53,7	2,27	4867,49	(18-15)	3	601
Martin Baden Jensen	<b>Mangle data</b>					

Aflæsning af skabet hos Martin mangler aflæsning grundet rejse og dermed ikke mulighed for et besøg. Det vil i nær fremtid blive gjort af Vestfrost.

Vinoble 1 er markeret med rød, da energimåleren er aflæst til det samme som ved den foregående aflæsning. Ved fjernelse af udstyret, vil det derfor være en fordel hvis Vestfrost kan tjekke aflæsningen af den energimåler, så vi ved om det er en indskrivningsfejl eller om energimåleren er stået af.

Begge Skjold Burne skabe var slukket ved ankomst. Det ses på temperaturmålingerne nedenfor, at slukningen er sket umiddelbart lige inden sidste aflæsning. Grafen viser hele perioden med de to slukninger beskrevet i tidligere statusrapporter i starten af field testen.



### Udledning af energiforbrug uden lys

Da der er forskel i brugerens indstilling af lys er følgende procedure benyttet i et forsøg på at fjerne variationerne i energiforbruget med hensyn til lyset. Vi har målt den samlede energi for skabet, tiden for lyset og den samlede driftstid for skabet. Derfor kan vi komme med et estimat for det samlede energiforbrug når lyset er tændt:

$$\text{Energiforbrug}_{\text{lys}}[\text{kWh}] = \frac{h_{\text{lys}}[\text{h}] \cdot \text{Effekt}_{\text{lys}}[\text{W}]}{1000 \left[ \frac{\text{Wh}}{\text{kWh}} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{\text{COP}} \right)$$

Her tages der højde for lysets energiforbrug i sig selv og den last lyset tilfører kølesystemet i form af varme som skal bortskaffes. Da lys og transformere begge er placeret inde i kassen kan det antages at den samlede effekt til lyset optages inde i skabet. COP-faktoren er sat til følgende:

- Secop COP: 3,97 (kondenseringstemperatur 35 ° C, fordampertemperatur -5 ° C)
- Reference COP: 2,85 (kondenseringstemperatur 40 ° C, fordampertemperatur -10 ° C)

De er fundet ud fra kompressorenes datablade (se bilag 1) og defineret ud fra ASHRAE testkonditioner.

Lysets effekt er i henhold til Emil Jacobsen, TI 's notat<sup>12</sup> estimeret til 8,5 Watt ved tændt lys for referencemodellen. Notatet beskriver referencemodellens effektilførsel inde i skabet ved forskellige belastningssituationer og de 8,5 Watt, kan udledes af følgende:

- Blæserkasse m. vent og styring (slukket vent/**slukket lys**) = 1,7 Watt
- Blæserkasse m. vent. Og styring (slukket vent/**tændt lys**) = 10,2

<sup>12</sup> Notat vedr. elektriske emners effektforbrug, Vestfrost Vinkøler VKG 851 og Flaskekøler FKG 883, maj 2011

$$Effekt_{lys,reference} = 10,2 - 1,7 = 8,5 W$$

Transformatoren monteret i referencemodellen er af mærket Wujiang og typen 7030108-03. Vinkøleren med Secop-kompressor er monteret med en switch mode transformer af mærket Mean well og typen APV12-12. Den nye switch mode transformer har af fabrikanten angivet en effektivitet på 0,82. Effektiviteten af Wujiang transformeren er fra notatet målt til 0,46 ved 100% last. Det giver en effektivitetsforbedring på 1,7826 og dermed en estimeret effekt på 4,94 Watt (8,5/1,7826) for Secop-modellen.

Når vi fratrækker lys fra det samlede energiforbrug vil den samlede formel se ud som følger, med energiforbruget givet pr. døgn:

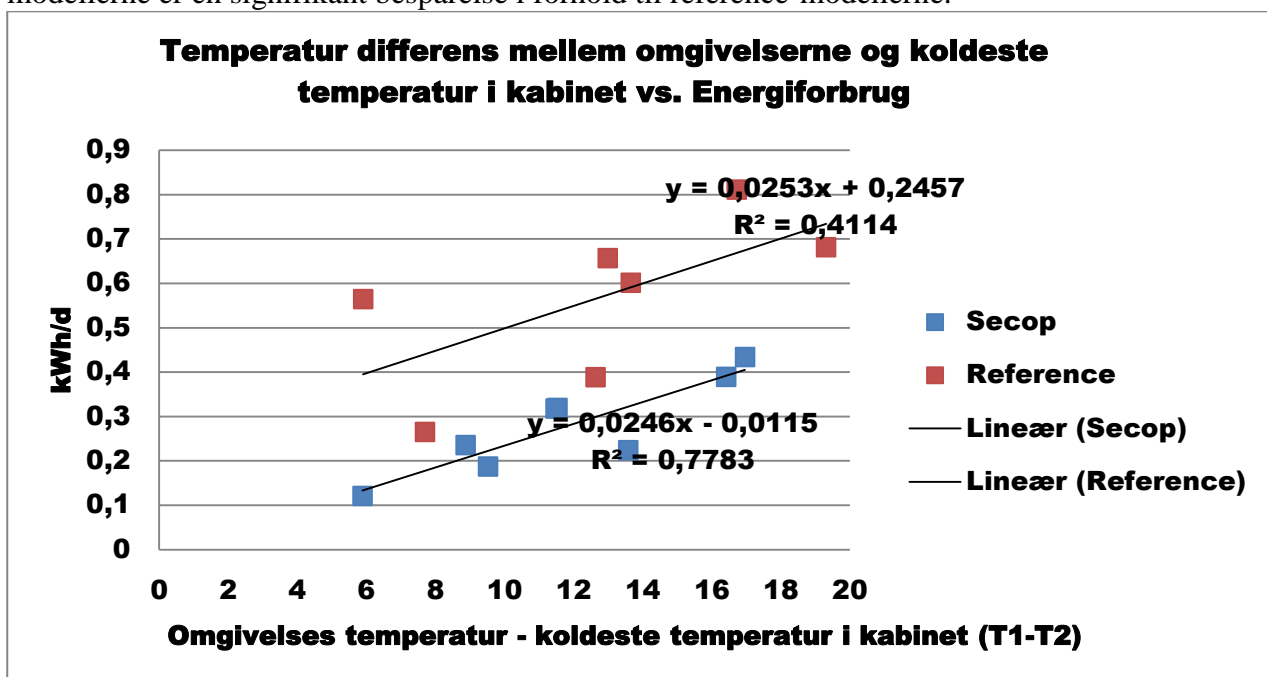
$$Energiforbrug = \left( \text{Energiforbrug}_{\text{målt}} [kWh] - \frac{h_{\text{lys}} [h] \cdot \text{Effekt}_{\text{lys}} [W]}{1000 \left[ \frac{Wh}{kWh} \right]} \cdot \left( 1 + \frac{1}{COP} \right) \right) \cdot \frac{24 \left[ \frac{\text{timer}}{\text{døgn}} \right]}{h_{\text{samlet}} [h]}$$

## Besparelse

### Gennemsnit

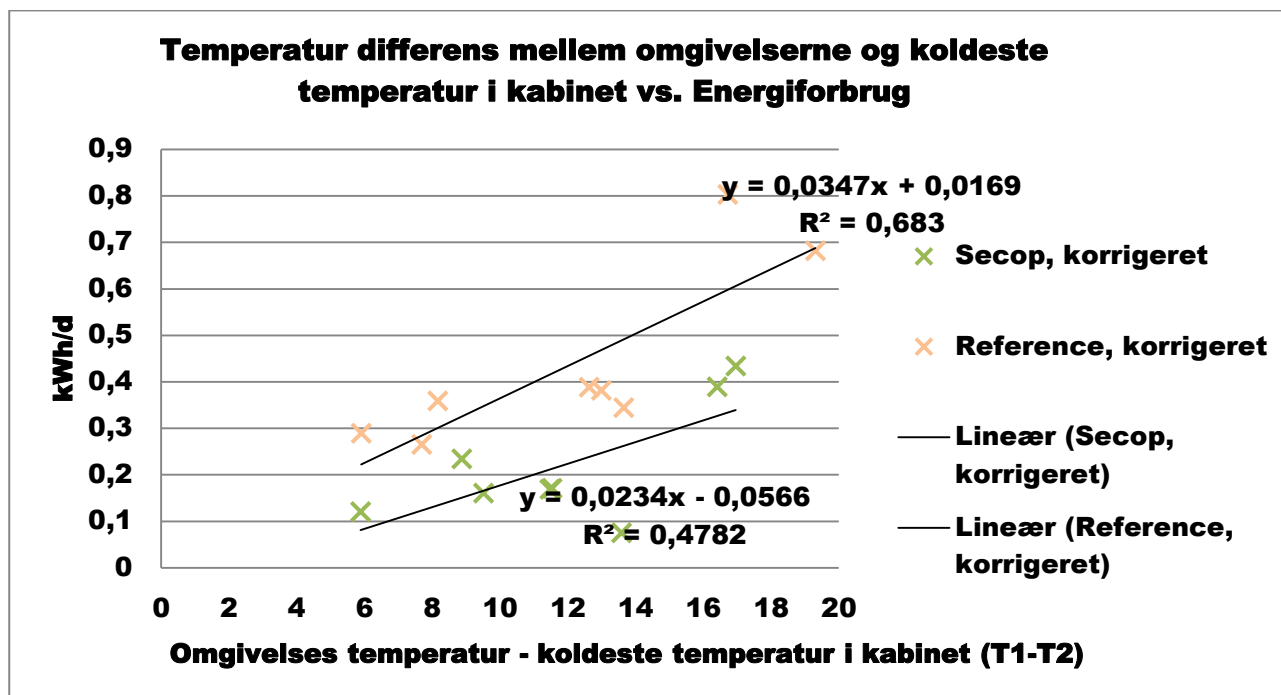
**Middelværdi for energibesparelse:** Dette er et groft estimat på besparelsen, da måledata er baseret på forskellig last situationer og afhænger af sammenligningen. Skabene som mangler målinger, er fjernet fra analysen indtil videre.

Tabel 1 og 2 viser energibesparelsen med og uden korrektion for lys. Det ses at der ved SECOP-modellerne er en signifikant besparelse i forhold til reference-modellerne.



Med lys	kWh/d	Besparelse
SECOP	0,302387	
REFERENCE	0,566777	46,64%

Tabel 1 - Gennemsnitlig energibesparelse, uden korrektion for lys



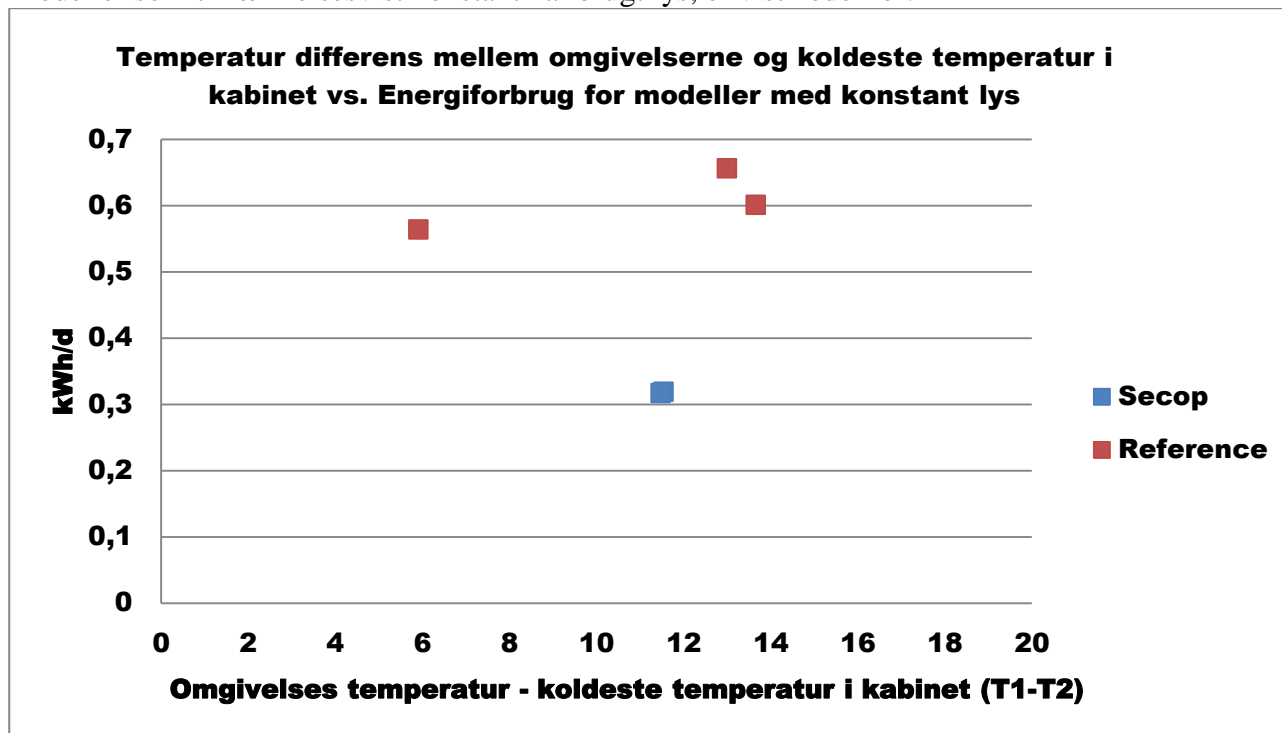
Uden lys	kWh/d	Besparelse
SECOP	0,2408	
REFERENCE	0,4499	46,84 %

Tabel 2 - Gennemsnitlig besparelse, med korrektion for lys

Vi har altså korrigeret for lysets effekt på energiforbruget. Den gennemsnitlige besparelse ligger omkring 46%.

### Modeller med lyset tændt konstant

Modeller som tilnærmelsesvist konstant har brugt lys, er vist nedenfor.



Secop	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger/d	Energi [kWh/d]
Skjold B 1	4019,12	4363,77		1	79	0,4344	0,318
Aakjær 1	4869,67	4869,67	(12-7)	1	209	1,0300	0,317
Reference	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger per dag	Energi [kWh/d]
Vinoble 2	4866,54	4866,54	(10-7)	2	129	0,6361	0,656
Skjold B 2	4070,73	4354,88		1	48	0,2645	0,601



Figur 9-56 – Skjold burne 1 og 2



Figur 9-57 – Vinoble 1 (ny butik)



Figur 9-58 – Vinoble 2



Figur 9-59 – Aakjær 1

Nedenstående tabel, viser energibesparelsen for skabene som har haft lyset tændt hele tiden. Individuelle sammenligninger og den gennemsnitlige besparelse er vist. Temperaturforskellen mellem den laveste temperatur og omgivelserne, ses at være nogenlunde ens på grafen. Derfor er der ikke taget højde for temperaturforskellen i valget af sammenligninger.

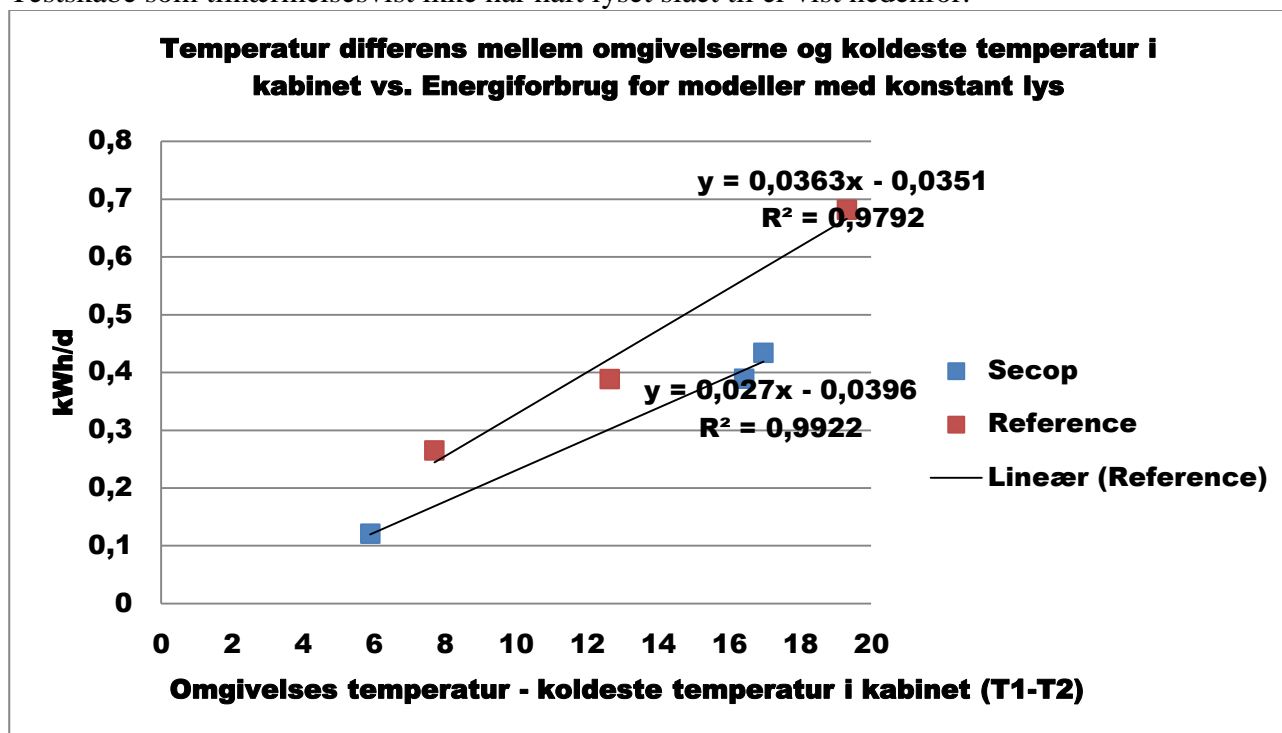
Reference	Secop	Besparelse (%)
Vinoble 2	Skjold Burne 1	51,40
Vinoble 2	Aakjær 1	51,64
Skjold Burne 2	Skjold Burne 1	46,94
Skjold Burne 2	Aakjær 1	47,21
Aakjær 2	Skjold Burne 1	43,47
Aakjær 2	Aakjær 1	43,76
Middelværdi		47,40%

Tabel 3 - Energibesparelse, ved konstant lys. Skabe er sammenlignet parvis.

Det skal bemærkes at Secop-modellerne generelt har haft flere døråbninger end reference skabene.

### Modeller som ikke har brugt lys

Testskabe som tilnærmelsesvist ikke har haft lyset slået til er vist nedenfor.



Secop	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger/d	[kWh/d]
D Louise 4	61	1,14	3379	(8-5)	3	383	2,71	0,4331
D Louise 2	17,9	1,83	3380	(18-18)	2	482	3,42	0,1270
PK	56,3	0,89	3481	(17-7)	1	266	1,83	0,3881
Reference	Energi [kWh]	Lys [h]	Drift [h]	Termostat	Fyldning	Åbninger	Åbninger/d	[kWh/d]
LB	53,4	0,67	3295,57	(19-10)	2	118	0,85	0,3888
Hj Badehotel	96,1	1,85	3383,89	(17-7)	2	804	5,70	0,6815
D Louise 3	37,7	1,59	3443,09	(18-15)	3	426	2,96	0,2627





Figur 9-60 – Dronning Louise 1,2,3,4



Figur 9-61 – Hjørtning badehotel



Figur 9-62 – LB



Figur 9-63 - PK. Billede fra første besøg (mere fyldt nu)

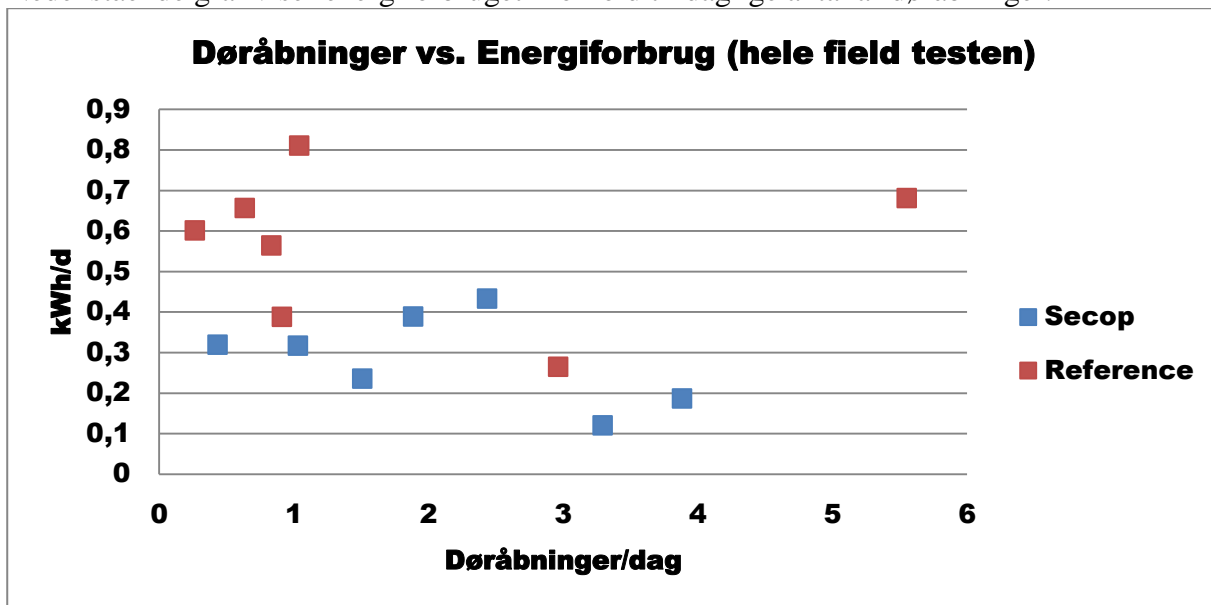
Som i forrige status rapport er en sammenligning på basis af gennemsnitsbesparelse lavet.

	kWh/dag	Besparelse (%)
Secop	0,31415	
Reference	0,44478	29,37

I forhold til besparelsen med lyset tændt, ses det at energibesparelsen er noget lavere i disse situationer. Gennemsnitsbesparelsen var omkring 46% også med korrektion for lyset. Det er lidt underligt at denne besparelse ikke stemmer helt overens, men kan måske forklares af få data, samt usikkerhed i modellen for korrektion.

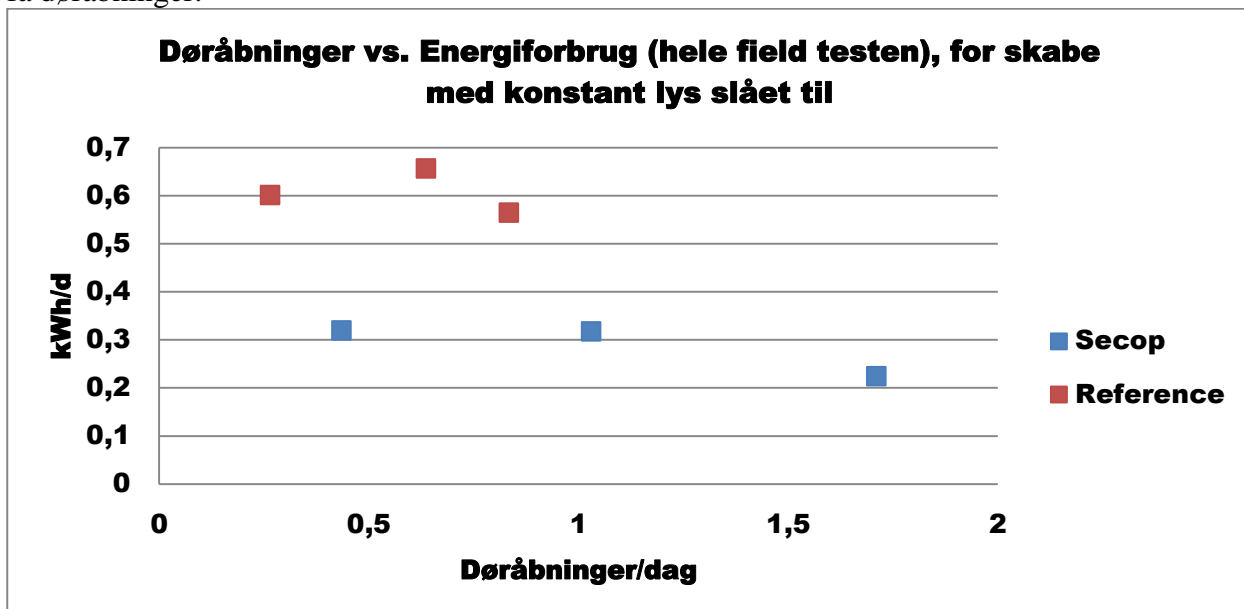
## Døråbninger

Nedenstående graf viser energiforbruget i forhold til daglige antal af døråbninger.



Der kan stadigvæk ikke siges at døråbningerne har nogen signifikant betydning for energiforbruget, i denne analyse. Det kan forklares ved det lave antal af døråbninger per dag, som fremgår af grafen. Generelt set bliver de åbnet maksimalt 3 gange om dagen, og en enkelt model (Hjerting Badehotel) kommer næsten op på 6 åbninger på en dag.

Nedenstående graf viser energiforbrug per døgn versus åbninger per døgn, for skabene som har slået lys til hele tiden. Som tidligere beskrevet er de sammenlignelige med hensyn til temperaturforskellen ( $T_1-T_2$ ). Det ses hvorledes der ikke kan konkluderes noget på baggrund af de få døråbninger.



## Konklusion

Tendensen fra tidligere fortsætter. Den overordnede gennemsnitlige energibesparelse ligger på 46%. Det samme gælder når vi ser på korrektion for lyset. En parvis sammenligning for skabe med konstant tændt lys, har i field testen en gennemsnitsbesparelse på ca. 47,4 %.

Som del i den sidste aflæsningsrunde er der blevet spurgt lidt ind til brugerens oplevelser af skabene og brugen af dem og eventuelle kommentarer.

- Dronning Louise: Fint tilfredse, nemt at indstille og holde øje med temperaturen.
- Vinoble: Meget tilfredse. Temperaturen har været den ønskede. Forslag angående valgfrit lysniveau og lysets farve. Kommentar til at ikke alle vinflasker kan ligge på nederste hylde. Har haft henvendelser fra kunder om hvor man kan anskaffe sådan et skab.
- Asger Lauridsen: Glad for skabet og nu tilvænnet korrekt opbevaret vin. Mener at temperaturen er 1-2 grader under setpunkt.



Figur 9-64: Fieldtest skab hos Vinoble i ny butik.



## 9.10 Appendix J – Aflæsninger

Dette appendix indeholder de eksakte aflæsninger foretaget på måleudstyret. Temperaturerne angiver periodernes gennemsnitsværdier.

Ny generation med Secop kompressor										
Skab	Dato	Energi	Lys	Drift tid	Åbninger	Set-punkt	Fyldning	T1	T2	T3
Dronning Louise 4	21-mar	163,8	1,5	245,4		(17-7)				
	25-mar	165,8	1,7	344,8	2975,0	(8-5)				
	09-apr	171,5	1,9	701,1	3011,0	(8-5)	3,0	19,8	4,2	8,1
	28-maj	191,5	2,2	1876,8	3146,0	(8-5)	3,0	20,5	3,9	8,2
	13-aug	226,8	2,9	3724,7	3358,0	(8-5)	3,0	21,3	4,2	7,9
	14-sep	253,7	3,3	5212,1	3469,0	(8-5)	3,0	21,3	4,2	7,9
Vinoble 1 2	19-mar	158,4	2,1	2,1	5049,0	(17-7)				
	25-mar	160,1	147,5	147,5	5064,0	(14-7)				
	09-apr	164,4	505,8	505,8	5097,0	(14-7)	1,0	16,9	6,3	13,6
	28-maj	178,6	1680,7	1680,8	5180,0	(14-7)	2,0	17,2	6,4	13,6
	13-aug	205,5	3527,9	3528,0	5344,0	(14-7)	2,0	18,7	6,4	13,5
	14-sep	205,5	5015,7	5015,7	5411,0	(14-7)	2,0	20,0	6,3	13,3
Skjold Burne 1	22-mar	194,8	2,0	2,0	2320,0	(17-7)				
	25-mar	195,9	53,5	67,7	2327,0	(17-9)				
	09-apr	199,7	335,3	358,5	2346,0	(17-9)	(0/1)	18,9	10,7	16,8
	28-maj	210,2	1137,9	1161,1	2367,0	(17-9)	1,0	19,8	11,8	17,6
	13-aug	235,9	2966,9	2990,2	2384,0	(17-9)	1,0	21,3	10,1	17,1
	14-sep	253,9	4406,3	4429,6	2406,0		1,0	21,3	9,7	16,9
Aakjær 1	20-mar	125,6	24,4	24,2	5462,0	(17-7)				
	25-mar	127,1	148,1	148,1	5483,0	(12-7)				
	09-apr	131,8	507,6	507,7	5501,0	(12-7)	2,0	15,6	6,6	11,8
	28-maj	146,2	1682,6	1682,7	5538,0	(12-7)	2,0	16,8	6,6	11,9
	13-aug	170,8	3530,1	3530,2	5680,0	(12-7)	2,0	18,0	6,7	12,0
	14-sep	191,5	5017,8	5017,8	5692,0	(12-7)	2,0	18,2	6,7	12,0
Buenos Aires	20-mar	1026,2	13,8	45,7	2039,0	(18-12)				
	25-mar	1027,2	38,3	191,1	2094,0	(18-12)				
	09-apr	1029,9	94,3	525,6	2171,0	(18-12)	1,0	20,2	11,6	17,6
	28-maj	1041,2	322,6	1702,6	2352,0	(18-12)	2,0	22,0	11,5	17,8
	13-aug	1064,9	686,2	3889,3	2657,0	(19-17)	2,0	24,0	13,2	18,3
	14-sep	1081,4	906,6	5036,6	2878,0	(19-17)	2,0	24,2	14,0	18,6
AL	26-mar	722,0	2,0	68,6	1889,0	(17-7)				
	09-apr	727,1	2,1	407,7	1930,0	(20-10)	1,0	17,4	9,4	17,8
	28-maj	743,2	16,6	1582,8	2006,0	(20-13)	2,0	19,0	10,9	18,0
	13-aug	760,9	51,3	3431,0	2148,0	(20-15)	2,0	21,3	12,2	18,6
	14-sep	769,6	53,5	4919,7	2194,0	(20-15)	2,0	21,5	12,6	18,3
Dronning Louise 2	20-mar	667,9	21,2	46,6	65,0	(17-7)				
	25-mar	668,6	21,4	169,9	99,0	(17-17)				
	09-apr	670,1	21,6	526,7	156,0	(17-17)	3,0	20,6	15,8	20,1
	28-maj	675,6	22,3	1702,4	366,0	(17-17)	2,0	21,2	16,1	20,5



	13-aug	686,5	23,3	3550,3	581,0	(18-18)	2,0	21,8	15,4	20,7
	14-sep	693,0	24,1	5037,6	767,0	(18-18)	2,0	21,8	15,8	20,7
PK	21-mar	616,4	3,4	70,8	1942,0	(17-7)				
	09-apr	622,7	3,4	531,2	1962,0	(17-7)	(0/1)	22,4	6,4	16,2
	28-maj	640,4	3,6	1706,2	1991,0	(17-7)	1,0	22,7	6,9	16,1
	13-aug	672,7	4,2	3552,0	2208,0	(17-7)	1,0	23,5	7,1	16,1
	14-sep	696,8	4,6	5034,8	2332,0	(17-7)	1,0	23,6	7,1	16,2
<b>Reference skabe</b>										
Skab	Dato	Energi	Lys	Drift tid	Åbninger	Set-punkt	Fyldning	T1	T2	T3
Dronning Louise 1	20-mar	785,4	1,2	93,3	4316,0	(17-7)				
	25-mar	789,3	1,5	216,6	4349,0	(8-6)				
	09-apr	800,0	1,5	573,6	4360,0	(8-6)	2,0	19,9	4,9	8,1
	28-maj	838,0	1,8	1749,3	4416,0	(8-6)	3,0	20,5	4,8	8,2
	13-aug	905,4	154,2	3597,1	4502,0	(8-5)	3,0	21,0	4,6	8,3
	14-sep	953,8	154,4	5084,4	4560,0	(8-5)	3,0	21,1	4,3	8,3
LB	26-mar	177,9	1,1	65,3	277,0	(18-9)				
	09-apr	183,3	1,4	389,0	299,0	(19-10)	2,0	21,8	10,0	17,9
	28-maj	200,5	1,5	1564,7	319,0	(19-10)	2,0	22,0	9,8	18,2
	13-aug	231,3	1,8	3360,9	395,0	(19-10)	2,0	22,7	10,0	18,4
	14-sep	255,3	2,0	4849,3	459,0	(21-11)	2,0	22,8	10,0	18,4
Vinoble 2	19-mar	173,4	2,1	2,1	3809,0	(17-7)				
	25-mar	176,4	147,4	147,5	3115,0	(10-7)				
	09-apr	184,9	505,6	505,6	3126,0	(10-7)	2,0	17,5	6,1	9,8
	28-maj	214,1	1680,9	1680,9	3156,0	(10-7)	2,0	17,8	6,0	9,5
	13-aug	266,7	3527,4	3527,7	3225,0	(10-7)	2,0	20,4	6,2	13,3
	14-sep	309,5	5014,0	5014,0	3244,0	(10-7)	2,0	20,1	6,1	12,3
Aakjær 2	20-mar	746,6	25,0	25,0	4188,0	(17-7)				
	25-mar	748,8	148,6	148,6	4206,0	(14-7)				
	09-apr	755,9	508,4	508,5	4208,0	(14-7)	1,0	17,7	6,3	13,4
	28-maj	146,2	1682,6	1682,7	5538,0	(12-9)	1,0	18,5	6,4	13,5
	13-aug	809,7	2827,4	2827,4	4337,0	(14-7)	1,0	19,0	6,1	11,3
	14-sep	838,8	3975,8	3975,8	4339,0	(14-7)	0,0	19,0	6,1	11,3
Skjold Burne 2	22-mar	170,8	1,8	1,9	3947,0	(17-7)				
	25-mar	172,5	1,9	76,6	3951,0	(17-7)				
	09-apr	179,5	1,9	360,5	3952,0	(17-7)	0,0	20,0	9,0	16,7
	28-maj	198,3	804,0	1162,8	3968,0	(17-7)	1,0	20,3	10,5	17,4
	13-aug	246,2	2633,1	2992,0	3986,0	(17-7)	1,0	21,5	12,8	17,5
	14-sep	281,6	4072,6	4431,5	3999,0		1,0	21,5	10,9	17,2
Hjerting Badehotel	19-mar	161,0	3,6	4,3	720,0	(17-7)				
	25-mar	164,3	3,7	149,9	8773,0	(17-7)				
	09-apr	173,4	4,0	526,8	8873,0	(17-7)	2,0	23,6	5,9	16,3
	28-maj	204,8	4,7	1704,6	9178,0	(17-7)	3,0	24,7	5,8	16,1
	13-aug	260,4	5,6	3533,8	9577,0	(17-7)	3,0	25,3	6,0	16,1
	14-sep	302,6	6,2	5021,9	9900,0	(17-7)	3,0	25,4	6,0	16,1



Dronning Louise 3	20-mar	687,4	2,2	26,6	2950,0	(17-7)					
	25-mar	688,6	2,5	149,8	2985,0	(18-15)					
	09-apr	697,0	2,6	506,3	3014,0	(18-15)	3,0	20,5	13,9	18,5	
	28-maj	703,9	3,1	1682,0	3152,0	(18-15)	3,0	21,0	13,7	18,6	
	13-aug	726,3	4,1	3592,9	3411,0	(18-15)	3,0	21,6	13,9	18,6	
	14-sep	742,3	4,8	5017,3	3586,0	(18-15)	3,0	21,6	13,9	18,6	
MBJ	21-mar	117,9	2,7	66,8	3473,0	(17-7)					
	09-apr	129,0	2,7	543,7	3493,0	(16-6)	(0/1)	17,3	5,2	14,2	
	28-maj	158,3	32,4	1719,6	3548,0	(16-6)	1,0	19,5	5,5	14,8	
	13-aug	181,7	32,6	3431,4	3567,0	(16-16)	1,0	21,1	10,5	16,3	
	14-sep	194,3	32,8	5157,7	3580,0	(16-16)	1,0	20,0	11,9	16,2	



## 9.11 Appendix K - Work Shops

Der er afholdt 4 workshops i projektet:

1. Workshop hos Teknologisk Institut i Aarhus den 23. maj 2011.
2. Workshop hos SECOP i Flensborg den 28.9. 2011. Dette referat er fortroligt efter ønske fra SECOP, men Teknologisk Institut har det og kan vise det til energistyrelsen, hvis det ønskes.
3. Workshop hos Gram Commercial i Vojens den 21. Juni 2012.
4. Workshop hos Vestfrost Solutions den 15. april 2013.

Alle præsentationer (på nær ét fra SECOP) kan ses på dette link:

<http://www.teknologisk.dk/feha/30756>

I dette appendiks er de tre offentliggjorte referater gengivet:

### **Workshop 1**

Teknologisk Institut

6. juni 2011/Per Henrik Pedersen

**Kort referat fra 1. workshop i EUDP-projektet: Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle kølemøbler.**

#### **Tid og sted:**

Den 23. maj 2011 på Teknologisk Institut, Aarhus

#### **Deltagere:**

Bjarke Hansen, Energistyrelsen  
Bent Christensen, Vestfrost  
Carsten Høll Kristensen, Vestfrost  
Anders Sjøgaard, Gram Commercial  
John Lund, Gram Commercial  
John B. Petersen, Gram Commercial  
Hans O Matthiesen, Danfoss

Poul Erik Hansen, SECOP  
Tommy Hansen, SECOP  
Lars Overgaard, SECOP  
Henrik Dahl Thomsen, EBM Papst  
Marcin Blazniak Andreassen, Teknologisk Institut  
Emil Dybro Jacobsen, Teknologisk Institut  
Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

### **Form og indhold:**

Der blev vist 8 præsentationer på workshoppen, og disse vil blive placeret på en hjemmeside, som alle deltagere vil blive inviteret til at benytte:

<http://www.teknologisk.dk/feha/30756>

Det er vanskeligt at skrive et retfærdigt og udfyldende referat fra workshoppen, idet der var masser af informationer i præsentationerne og der var masser af diskussioner undervejs.

Jeg vil i stedet opfordre til, at man ser på de specifikke præsentationer og gå i direkte dialog med hinanden om detaljer.

### **EU Ecodesign-kriterier:**

Jeg vil dog fremhæve vores diskussion af fremtidige Ecodesign-kriterier for professionelle kølemøbler, og Bjarke Hansens indlæg.

Det ser nu ud til, at der kommer regulering af storkøkkenkøleskabe og –frysere, og at MEPS-kriterierne kommer til at ligne kriterier for produktlister i UK og DK. (MEPS = Minimum Efficiency Performance Standards).

Vinkølere (til privat brug) er ligeledes på plads, idet der starter energimærkningsordning pr. november 2011.

Derimod kniber det mere med kriterier for flaskekølere.

Det er i dansk interesse, at der kommer ordninger, og det vil fremme de energieffektive danske produkter.

Vi blev enige om, at følge udviklingen løbende, og vende tilbage til det på næste workshop til efteråret 2011. Hvis der sker noget epokegørende undervejs vil gruppen blive orienteret og inddraget.

Hvis der er gode ideer til ordninger for flaskekølere kan vi diskutere dette og eventuelt fremsende dette til Kommissionen.

### **Efterskrift:**

Jeg er sikker på, at alle deltagere gik hjem med nye informationer og ideer, og at det vil afspejle sig i de specifikke udviklingsforløb i EUDP-projektet.



Det var en begivenhedsrig dag!

## **Workshop 2**

Referatet er fortroligt (efter ønske fra Secop) og kan fremvises til EUDP-sekretariatet hvis det ønskes.

## **Workshop 3**

Teknologisk Institut  
10. august 2012/Per Henrik Pedersen

### **Referat fra 3. Workshop i EUDP-projektet: Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle køleskabe og –frysere, afholdt den 21. juni 2012 hos Gram Commercial i Vojens**

Deltagere:

Anders Sjøgaard, Gram Commercial  
John Lund, Gram Commercial  
Anders Hundevad, Gram Commercial  
Bent Christensen, Vestfrost Solutions  
Tommy Jozefowicz, Danfoss  
Lars Overgaard, SECOP  
Henrik Dahl Thomsen, EBM Papst  
Bjarke Hansen, Energistyrelsen  
Marcin B Andreassen, Teknologisk Institut  
Per Henrik Pedersen, Teknologisk Institut

Alle præsentationer fra workshoppen vil blive lagt på [www.teknologisk.dk/feha](http://www.teknologisk.dk/feha). Tryk på EUDP-projekt og tryk på Workshop 3.

#### 1. Velkomst v. Gram

Anders Sjøgaard bød velkommen til Gram Commercial i Vojens, og præsenterede 100 års industrihistorie med produktion på fabrikken i Vojens. I dag producerer Gram Commercial køleskabe og frysere til storkøkkener, til institutioner, biotek m.v. Præsentationen kan ses på ovennævnte hjemmeside.

#### 2. Baggrund for projektet.

PHP gennemgik igen hurtigt baggrunden for projektet og formålet med dette 3. workshop. Formålet er gøre status for fremskridt i projektet, se på nye tekniske muligheder; - samt at give input til Energistyrelsen mht. Ecodesign og energimærkning af prof. køleskabe. PHPs præsentation kan ses på ovennævnte hjemmeside.

#### 3. Rundgang på fabrikken.

AS og JL viste rundt på fabrikken, hvor man fremviste hele produktionsgangen fra pladebearbejdning til samling og opskumning af kabinetter, montage af kølesystem og fyldning og afprøvning af kølesystem m.v. Gram har et meget moderne og automatiseret produktionsapparat.

#### 4. Status i udviklingssporene i projektet

BC fra Vestfrost fortalte om fremskridtet i test af prototyper af flaskekøler og vinkøler i projektet.

Flaskekøler: Test med ny glasdøre (3-lags) medførte en besparelse på 18,4 % og en hurtigere nedkølingstid i henhold til Coca-Cola-pull down test (10 % tidsreduktion). Test med ny SECOP-kompressor (NLU15KTK) viste yderligere 4 % besparelse. Sidstnævnte test vil blive gentaget, idet man regner med større besparelse med denne nye kompressor.

Vinkøler: Testene foregår hos TI, og der er gennemført en række forbedringer: nogle varmeafgivende elektriske produkter er flyttet udenfor skabet, der er monteret 3-lags glasdør, der er ny én ventilator mod tidligere 2 ventilatorer. Nu har man sparet 28 % i elforbruget, men der skal spares yderligere 11 % for at komme i energiklasse A. Samme dag som workshoppen ville køleren blive ombygget med en ny prototype SECOP-kompressor XV5, og det har gjort underværker efterfølgende. Det vender vi tilbage til på næste workshop !

BCs præsentation kan ses på ovenstående hjemmeside.

AS og JL fortalte om fremskridt i test af prototyper af GRAM PLUS K/F600 køle- og fryseskabe til storkøkkener. Man har forøget isoleringstykkelsen ved at gøre skabet lidt bredere og ved bedre at udnytte det indre volumen, og det medfører besparelser på 9 – 12 %. Der er ligeledes gennemført test med en ny generation af SECOP-kompressorer, og det betyder for fryseskabets vedkommende en besparelse på 27 % og for køleskabet en besparelse på 29 % (ny kompressor + forbedret isolering).

Der foregår ligeledes aktiviteter med at undersøge muligheder for varmgasafrimning, kassetteløsning (hele køleanlægget i en udtagelig kassette) m.v. Grams præsentation kan ses på ovennævnte hjemmeside.

MBA fra TI viste beregninger med matematiske modeller af de involverede køleskabe. Det er muligt at estimere hvad de forskellige tiltage vil medføre for energiforbruget, og resultaterne fra Vestfrost og Gram har heldigvis også vist, at det passer nogenlunde! Marcins præsentation på findes på ovennævnte hjemmeside.

Marcins beregninger har medvirket til prioriteringer af indsatsen i de to udviklingsforløb.

HDT fremviste nye tiltag fra EBM Papst på ventilatorområdet. Ved at skifte fra skyggepolmotorer til permanentmagnetmotorer kan spares 70 % i elforbrug. Der sker nye tiltag for at reducere støj, bl.a. med nyt vingedesign og ved brug af net.

EBM Papst har endvidere nye ATEX-godkendte produkter, som kan være interessante når der benyttes brændbare kølemidler.

Henriks præsentation kan findes på ovennævnte hjemmeside.

TJ, Danfoss viste en præsentation, som advokerer for brug af ekspansionsventiler i stedet for kapillarrør, som traditionelt benyttes i professionelle køleskabe. TD1-ventilen vil passe, og man kan spare op til 10 % i elforbrug, idet fordampere vil fyldes bedre og mere præcist. TJs præsentation kan ses på ovenstående hjemmeside.

PHP konstaterede, at vi er lidt bagefter tidsplanen. PHP vil meddele dette i forbindelse med årsrapporteringen til EUDP i juli 2012 (er sket!), og vi må se, at indhente noget at det forsømte i løbet af efteråret.

#### 5. EU Ecodesign-processen for professionelle køleskabe.

Der er kommet nyt forslag til Ecodesign-krav og energimærkningsordning for professionelle køleskabe og –frysere. PHP gennemgik det gamle og det nye forslag, som får betydning for storkøkkenkølemøbler og semiprofessionelle køleskabe til opbevaring af mad. Det gælder ikke for salgskølemøbler, hvor der forventes en anden (fremtidig) regulering.

Forslaget er gennemgået i en præsentation, som kan ses på ovenstående hjemmeside.

Fordelen ved det nye forslag er, at det passer bedre end det gamle ift. de små semiprofessionelle køleskabe. Ulempen er, at det er lidt svagere end det første forslag overfor normale storkøkkenkølere og –frysere, og man har imødekommet et italiensk forslag om at modificere testmetoden i forhold til EN23953/EN441, som udgør grundlaget for de eksisterende produktlister i DK og UK. Endelig vil det tage lang tid før de nye regler kommer på plads i fuldt omfang.

Både AS og PHP havde estimeret, at de bedste Gram storkøkkenkøleskabe vil komme til at ligge i energiklasse A+. Grams lille undercounter køleskab K210G vil komme til at ligge i den allerbedste klasse A+++ . Grams bedste storkøkkenfryseskab vil komme til at ligge i energiklasse A, mens det lille undercounter fryseskab F210G vil komme til at ligge i A++.

Prototyperne i EUDP-projektet kommer til at ligge i A++ for både køleskab og fryseskab, som det tegner sig lige nu.

Flere deltagere udtrykte skuffelse over, at ambitionsniveauet i dette forslag er for vagt, og at det tager for lang tid.

BH sagde, at Energistyrelsen tager dette til efterretning og vil bruge dette som input til EU-forhandlingerne om de kommende krav. Energistyrelsen er på overordnet plan enig i de fremførte synspunkter.

*Efterfølgende har der den 3. juli været Informal Consultation møde i Bruxelles, og her fremførte DK, at kravene bør være mere ambitiøse, og det bør gå hurtigere med at introducere regelværket.*

*På mødet fremgik, at det vil være OK at benytte f.eks. A++ i sin markedsføring, selvom dette mærke først vil blive introduceret i det 3. trin af ordningen i 2016. Man vil således kunne reklamere med, at sit køleskab er i energiklasse A++ allerede fra ordningens start fra 1. juli 2014 (ifølge forslaget).*

*Der er dog meget der tyder på, at stærke kræfter forsøger at forhale processen, og det kan måske blive forsinket med et år eller mere.*

## 6. Afslutning

### **Workshop 4**

Teknologisk Institut

30. April 2013/Per Henrik Pedersen

### **Referat fra den 4. Workshop i EUDP-projektet: Fremtidssikring af dansk produktion af professionelle køleskabe.**

Tid: 15. april 2013 fra kl. 10.00 – 15.00

Sted: Hos Vestfrost Solutions, Esbjerg

Deltagere:

Vestfrost: Lars Gorzelak og Bent Christensen (+ Lasse Bech til punkt 6 på dagsordenen)

Gram Commercial: Anders Sjøgaard og John Lund

Danfoss: Hans O. Matthiesen

SECOP: Lars Overgaard

Ebm Papst: Henrik Dahl Thomsen

Energistyrelsen, EUDP-sekretariat: Povl Frich

Teknologisk Institut: Marcin Blazniak Andreasen og Per Henrik Pedersen

1. Lars Gorzelak bød velkommen til Vestfrost. Lars fortalte lidt om firmaets 50 års historie og 50 års jubilæum, som blev afholdt fornyeligt. I 1990'erne var man oppe på at producere 800.000 kølemøbler om året, især husholdningsprodukter. I 2000'erne fik man det svært, og i 2008 stoppede Vestfrost med at producere husholdningskølemøbler, og satser i stedet på merchandizing, biomedical og vinkølere. Vestfrost har i de sidste årtier satset meget på energieffektivitet og miljø, herunder naturlige kølemidler.
2. PHP gennemgik dagsordenen og startede med at fortælle lidt om baggrunden for projektet og den økonomiske støtte fra EUDP. Herefter nævntes, hovedlinjerne fra de tre første workshops, og forventningerne til dette fjerde og sidste workshop. Præsentationerne fra workshopperne er lagt på denne webside:  
<http://www.teknologisk.dk/feha>  
Præsentationerne fra den 4. workshop vil også blive lagt her.
3. Rundvisning på fabrikken: Lars og Bent viste rundt på ”den nye fabrik”, hvor man producerer kumme-kølemøbler og special-kølemøbler af forskellig slags. Den ”gamle fabrik” ligger nogle hundrede meter væk, og der produceres skabe, herunder flaskekølere og vinkølere. Der var ingen produktion af vinkølere denne dag.
4. Status i udviklingssporene:  
Vestfrost: Bent præsenterede de foreløbige resultater af arbejdet med at energioptimere vinkøleren: Der er opnået meget store besparelser i projektet. Der er afprøvet mange ting, - og med tre-lags-glas, én ventilator, strømforsyning udenfor skabet samt ikke mindst brug af SECOP XV5K-kompressor er opnået besparelse på 58 %, og skabet kommer i energiklasse A++ ! Dette gælder for én-zone-temperaturer. Det er det absolut teknisk mulige for det givne kabinet og komponenter.  
Vestfrost vil helst undgå tre-lags-glas, som er ca. 10 kg tungere end to lags-glas, og ved test af prototype med to lags-glas og de andre forbedringer (inklusive XV-kompressoren) vil produktet komme i A+. Mere detaljerede beskrivelser af testene og forbedringer kan ses i Bents præsentation.

Gram: John og Anders viste resultater fra Grams udviklingsspor: Det er ti år siden, at den nuværende generation af Grams storkøkkenkøleskabe og fryseskabe kom på markedet. De har igennem årene været de mest energieffektive på markedet, og har toppet Elsparefondens (og senere Go'Energi's) lister for energieffektive storkøkkenkøleskabe. Men nu begynder konkurrenter at bide Gram i haserne.

Gram har valgt produkterne F600 og K600 som emner i projektet. I projektet har vi fundet ud af, at isoleringen kan forbedres både indadtil og udadtil uden at det går ud over nettovolumen og uden at skabet bliver for bred. Isoleringstykkelsen er derfor forøget fra 60 til 80 mm, og det har medført besparelser på ca. 12 % for køleskabet og ca. 9 % for fryseren. Det svarede ret præcist til de beregninger, som Marcin havde lavet forud for testen.

Derefter fik Gram prototyper af to nye kompressorer fra SECOP: NLU11KK (R600a) til køleskabet og NLU11CNK (R290) til fryseskabet. Disse blev monteret sammen med resten af køleanlægget og nu opnåedes (inklusive forøget isoleringstykkelse) hhv. 29 % og 27 % besparelse for køleskab og fryseskab. Herved vil køleskabet komme i A++ efter forslag til ny EU-energimærkningsordning for professionelle køleskabe (forslag fra juli 2012), hvilket er yderst fint!

Gram kommer til efteråret med et nyt design for de nye produkter. Grams præsentation vil være tilgængelig på hjemmesiden.

SECOP: Lars O. præsenterede planerne for SECOP (tidl. Danfoss Compressors) : SECOP er førende med energieffektive kompressorer til husholdningskøleskabe og til "light commercial" køleskabe og fryserne. På husholdningssiden er energieffektivitet, støj og størrelse "market drivers". Variable speed drive (VSD) vil få en større del af markedet (15 – 25 % i 2025) og kølemidlet vil være R600a (isobutan). SECOP er på vej med nye NLU-kompressorer, som er mere energieffektive end tilsvarende kompressorer med samme kølekapacitet, og disse benyttes i Gram-prototyperne og i den senere field-test af Gram-skabe.

Herefter fortalte Lars om den nye XV-kompressor, som er et helt nyt koncept. Denne kompressor er meget mindre og har mindre vægt end andre kompressorer. XV er endvidere mere effektiv end andre kompressorer. Test på Teknologisk Institut viser, at alene skift fra en normal høj-effektiv kompressor til XV-kompressoren medførte reduktion af energiforbruget med 36,3 % (det var på Vestfrosts vinkøler). XV kompressoren er af VSD-typen og kan køre fra 1000 – 4000 RPM. XV-kompressoren vil være tilgængelig i andet halvår af 2013, og prisen vil være "mindre end 100 Euro". Lars' præsentation vil kunne ses på hjemmesiden.

Danfoss: Hans anbefalede at forsøge at benytte termostatisk ekspansionsventiler i stedet for kapillarrør som drøvlorgan i kølesystemet. Forsøg med en flaskekøler har medført 9,5 % mindre energiforbrug.

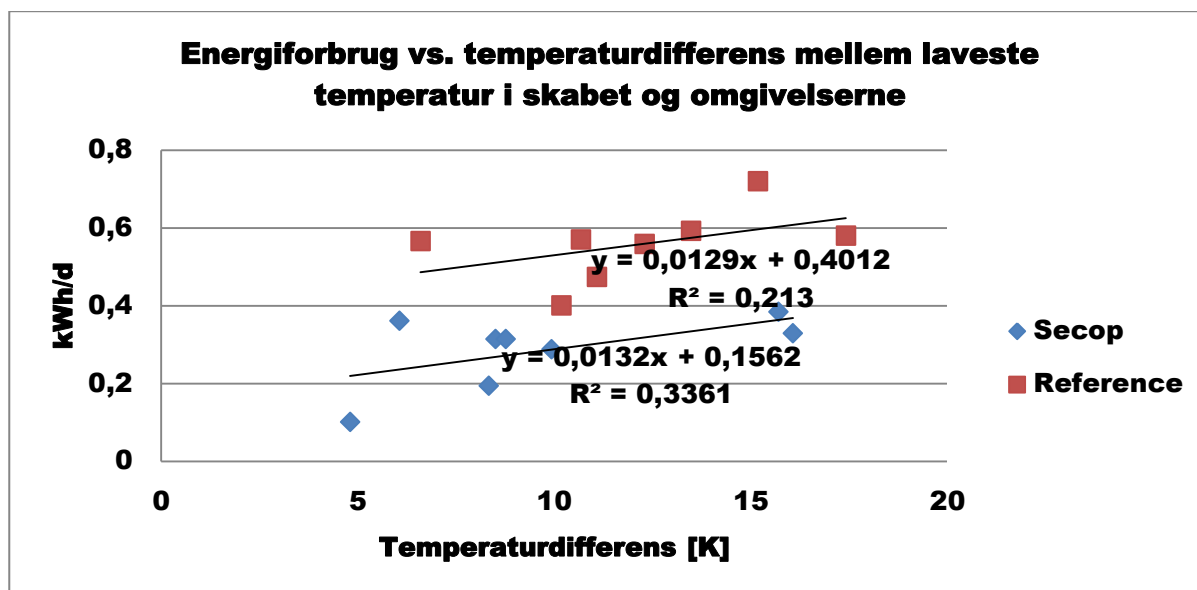
## 5. Field-test

Der er opsat et antal vinkølere til field-test i restauranter, vinhandlere og hos private i Esbjergområdet. Der er opsat 8 stk forbedrede vinkølere (med SECOP XV-kompressor, én ventilator, strømforsyning til ventilator og styringen udenfor kabinettet) og 8 stk. standard-vinkølere.

PHP viste de første resultater fra field-testen, og de ser fine ud. Man kan se en signifikant energibesparelse med de forbedrede vinkølere. Brugerne indstiller skabene meget forskelligt med hensyn til temperaturer og med hensyn til om lyset er tændt eller ej. Vi har brug for flere resultater fra field-testen for at kunne foretage en mere præcis analyse.

Se de første resultater i PHPs præsentation.

Efterfølgende har Frederik Bramsen, TI lavet følgende analyse af de første testresultater, hvor Energiforbruget afbildes mod temperaturdifferensen mellem skabstemperatur og omgivelsestemperatur:



Her ses også den signifikante forskel mellem standard-skabene ("reference") og de optimerede skabe med bl.a. SECOP-kompressoren.

Gram er i gang med at producere skabene til field-test, og disse vil blive opsat i Storkøbenhavn i samarbejde med en af storkøkken-grossisterne. TI har fremstillet målekasser til det, og det forventes at skabene vil blive sat op fra U16 til U22.

Afslutning af projektet: Ifølge kontrakten skal projektet være afsluttet den 31.8. men det vil give mening, at køre field-testen hen over sommeren (inklusive "indian summer", hvor der er stor fugtighed i luften), hvorefter resultaterne skal analyseres og hele projektet skal afrapporteres. Derfor vil vi anmode om, at projektet forlænges indtil nytår. Povl Frich var enig i dette.

#### 6. De kommercielle perspektiver efter projektafslutning

Povl Frich: Bestyrelsen for EUDP vil meget gerne have at der kommer kommercielle resultater ud af projekterne efter projektets afslutning. Det er vigtigt, at der kommer synlige resultater ud af projekterne! Povl vil gerne høre Vestfrost og Gram hvilke planer man har for kommercialisering af resultaterne af projektet.

Vestfrost: Lasse Bech: Vestfrost producerer i høj grad vinkølere til OEM-kunder som Bosch, Siemens, Smeg, Gaggenau m.fl. Energieffektivitet har stigende betydning, og Lasse regner med, at der vil komme efterspørgsel efter A+ og måske også A++ længere ud i fremtiden. Energi og miljø er kerneværdier for Vestfrost, og Lasse regner med, at Vestfrost kan sælge de udviklede vinkølere om cirka et år.

Gram: Gram vil præsentere de foreløbige resultater af projektet på en stor messe i Milano til efteråret. Her vil det nye design også blive præsenteret. Projektets resultater vil herefter blive kommercialiseret, og der vil komme spin-off på andre produkter fra Gram.

SECOP: Er langsomt ved at kommercialisere de nye kompressorer.

Povl Frich: Kan vi lave en fælles fortælling om projektets resultater ifm. afrapporteringen til efteråret?

PHP lovede at have det med i tankerne i forbindelse med afrapporteringen. Der er jo virkelig nogle gode resultater at fortælle om!

7. Status i EU-processen (Ecodesign, F-gas-forordning).

PHP fortalte om EU-processen:

F-gas-forordning. Der ligger udkast til ny F-gas-forordning, som i løbet af nogle år vil forbyde brug af F-gasser med GWP>150. Det er godt for danske producenter, som er forrest med brug af naturlige kølemidler.

Ecodesign, Entr Lot 1: Professionelle køleprodukter (inklusive storkøkkenkøleskabe): Der kommer snarest endelig forslag til energimærkning og til forbud mod de dårligste produkter. Det forventes, at være på linje med udkast fra et møde i juli 2013, men vi ved det strengt taget ikke. Det bliver spændende at se.

Eccodesin, Lot12: Kommercielle køleprodukter (inklusive flaskekølere, iscremefrysere, supermarkedskøle- og frysegondoler og kølereoler og sodavandsautomater). Arbejdet har ligget stille i årevis, men er nu blevet genstartet af Kommissionen. Der er et stakeholder-møde i Sevilla den 23. april, og her deltager PHP på vegne af Energistyrelsen. Det er vigtigt for de danske producenter, at der kommer noget ud af det denne gang, og der stilles krav til energieffektivitet og at der kommer en obligatorisk energimærkningsordning. Dette var alle enige om på worshoppen. *PHP har efterfølgende skrevet et referat fra mødet, og Bjarke Hansen, Energistyrelsen har givet tilladelse til, at den må sendes til deltagerne i denne workshop.*

8. Eventuelt: Intet