

Energieffektive og miljøvenlige flaskekølere

Slutrapport.

Per Henrik Pedersen
Hans Walløe
Christopher W Murphy

Vestfrost Solutions
Carlsberg Danmark
Nidec
Teknologisk Institut

Projektet har modtaget støtte fra EUDP

Indhold

1. Indledning	3
2. Målsætning	3
3. Projektindhold.....	3
4. Projektdeltagere	6
5. Test af den eksisterende flaskekøler	7
6. Matematisk model.....	8
7. bygning og test af prototyper	13
7.1 Første serie prototyper	13
7.2 Teknisk Workshop i april 2016 og test hos SECOP i Flensborg	14
7.3 Nye prototyper.....	15
8. Field test.....	16
9. Konklusion.....	23
Appendiks A: Test af eksisterende flaskekøler	25
Appendiks B: Måling af effektforbrug af komponenter.....	36
Appendiks C: Matematisk model og beregninger.....	49
Appendiks D: Test af prototype 1	57
Appendiks E: Test og analyse hos SECOP	58
Appendiks F: Test af prototype 2.....	64
Appendiks G: Informationsbrev vedrørende field-test.....	84
Appendiks H: Testrapport fra field-test:	85

1. Indledning

Der findes på globalt plan millioner af flaskekølere med glasdøre. Alene Coca-Cola har ca. 10 millioner af disse kølere, som bliver benyttet til salg af kolde drikke i alle slags butikker.

I EU er der ca. 7 millioner flaskekølere (EU JRC Lot12-Preparatory Study Update, 2014), og de forbruger i gennemsnit 6 kWh/dag, og dette svarer til godt 15 milliarder kWh/år (15 TWh/år).

Vestfrost Solutions i Esbjerg har i de senere år produceret rigtig mange energi- og miljøvenlige flaskekølere til bl.a. Coca-Cola og Carlsberg, og dette produktsegment er strategisk vigtigt for Vestfrost. Det nuværende produkt M200 er blandt de mest effektive på markedet og bruger ca. 2,7 kWh/dag.

Dette produkt blev udviklet for godt 10 år siden, blandt andet i et samarbejde mellem Vestfrost Solutions, Carlsberg og Teknologisk Institut og med økonomisk støtte fra Energistyrelsen. Dette projekt medførte bl.a. at Carlsberg traf en strategisk beslutning om at benytte naturligt kølemiddel (kulbrinter) i deres flaskekølere og Carlsberg var den første globale bryggeri/sodavandsleverandør til at implementere denne strategi.

Vestfrost har benyttet de bedste komponenter, herunder "state of the art" SECOP-kompressor, de mest effektive ventilatorer og effektiv LED-belysning.

Der kom i 2014 et udkast til nye EU-ecodesign-krav og EU energimærkningsordning. Vestfrosts M200 flaskekøler vil ligge midt i den næstbedste energiklasse (energiklasse B) iht. forslaget. For at komme i den bedste energiklasse A skal Vestfrost reducere energiforbruget med yderligere 30 % .

Flaskekølere er normalt dimensioneret til at kunne klare Coca-Colas krav til hurtig nedkøling ("pull-down test"), og derfor skal kompressoren have en betragtelig kølekapacitet, og der skal være et godt ventilationssystem inde i køleren.

2. Målsætning

Projektets målsætning er (ved hjælp af en analyse af eksisterende produkt) at skitsere, bygge og teste flaskekølere, som kan klare kriterierne for at komme i den bedste energiklasse i den kommende EU energimærkningsordning. Dette kræver ca. 30 % energibesparelse i forhold til Vestfrosts nuværende M200 flaskekøler, som er den mest energieffektive på markedet. Samtidig skal køleren være konkurrencedygtig, når det senere kommer i produktion. Der vil blive benyttet naturlige kølemidler.

3. Projektindhold

Projektet indeholder til start en analyse af det nuværende produkt, og en analyse af, hvordan målsætningen kan opfyldes. Dette udføres i et samarbejde i projektgruppen.

Hver enkelt af følgende mulige tiltag vil blive simuleret og analyseret:

- Brug af nye kompressorer, optimeret til brug i flaskekølere. Dette sørger for, at kølesystemet altid fungerer optimalt.
- Brug af nye glasdøre med mindre U-værdi og andre muligheder for at reducere kuldebroer.

- Brug af ”state of the art” ventilatorer og LED-belysning
- Brug af adaptiv styring til at dæmpe lys og ventilation i stilleperioder, til at lade temperaturen stige lidt i stilleperiode. Coca-Cola har et system (EMS - Energy Management System), som Vestfrost og Carlsberg i forvejen har erfaring med, og der findes også andre tilsvarende systemer.
- Eventuelle andre tiltag, som måtte komme i løbet af projektprioden.

I forbindelse med analysearbejdet (og tilgængelighed af nye komponenter) beslutter projektgruppen, hvordan den første prototype skal se ud og hvilke komponenter, som skal benyttes.

Derefter bygges en første prototype som testes og måleresultatet analyseres. På et projektmøde tages stilling til, hvordan den næste prototype skal se ud og hvilke komponenter, som skal benyttes.

En ny prototype bygges, testes og resultatet analyseres. Når resultatet er tilfredsstillende vil der blive foretaget en field-test af 10 nye kølere og 5 af de ”gamle” kølere og resultatet vil blive analyseret og rapporteret. I field-testen måles et antal parametre, som kan benyttes til at analysere forbrugernes adfærd, herunder antallet og længde af døråbninger, produkternes og omgivelsernes temperaturer samt elforbruget.

Resultaterne vil først blive rapporteret overfor projektgruppen og senere til Energistyrelsen/EUDP-sekretariatet.

Der vil blive udarbejdet og præsenteret et ”paper” til en international IIR konference (det mest oplagte er IIR Gustav Lorentzen-konference om naturlige kølemidler i 2016).

Vestfrost Solutions vil i forlængelse af projektet kommercialisere og markedsføre den nye flaskekøler.



Foto 1: Vestfrosts M200 flaskekøler under test i laboratorium på Teknologisk Institut. Her er den fyldt med 504 dåser mineralvand. Der står tusindvis af disse rundt om i danske supermarkeder og kiosker, ofte "labelled" med Coca-Cola, Tuborg eller Carlsberg. Størstedelen af Vestfrosts produktion bliver dog eksporteret til bl.a. Coca-Cola og globale bryggerier.

Projektindhold:

Projektet er opdelt i 12 faser:

1. Kortlægning af den benyttede teknologi i flaskekølere. Der tages udgangspunkt i M200-apparatet fra Vestfrost Solutions og konkurrerende produkter. Der foretages kortlægning af ny teknologi, som er fremkommet eller på vej, herunder nye optimerede kompressorer, glasdøre med lav U-værdi, nye og mere effektive LED-lamper, adaptiv styring m.m.
2. Der udarbejdes beregningsværktøjer til brug for analyser af optimeringsmuligheder. Der tages udgangspunkt i de beregningsværktøjer, som blev udviklet i tidligere projekter, og disse tilpasses. De nye beregningsværktøjer "tunes", således at modellen passer til testdata. Analyse af forskellige optimeringsmuligheder.

3. Design af første prototype af optimeret flaskekøler. Dette sker på baggrund af analyser fra fase 1 og 2, samt tilgængeligheden af nye komponenter.
4. Bygning af de første prototyper, som blev designet i henhold til punkt 3.
5. Test af de første prototyper efter EN ISO 23953 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 ISO 23953 i klimakammer på Teknologisk Institut. Udarbejdelse af testrapporter og analyse af resultatet.
8. Bygning af ”0-serier” af 10 nye flaskekølere til field test.
9. Indkøb af instrumenter og klargøring og kalibrering af måleudstyr til field test. Udpegning af værter til field test af 10 nye og 5 ”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, 9 måneder og 12 måneder. Analyse af brugernes adfærd sammenlignes med energiforbruget.
12. Indsamling af testudstyr. Udarbejdelse af samlet rapport for projektet. Afholdelse af workshop, hvor projektets resultater præsenteres, og diskuteres. Udarbejdelse af ”paper” til international kølekonference.

4. Projektdeltagere

Projektdeltagere er Vestfrost Solutions, Carlsberg, SECOP og Teknologisk Institut. SECOP er i projektperioden blevet overtaget af Nidec, og har skiftet navn til Nidec. Teknologisk Institut er projektleder og har den direkte kontakt til EUDP-sekretariatet.

Følgende personer har været involveret i arbejdet:

Vestfrost solutions:

Bent Christensen

Lars Gorzelak

Bent Nielsen

Torben Bech

Carlsberg Danmark:

Nicklas Krohn Rasmussen

Maria Lindmark

Nidec:

Lars Overgaard

Peter Michael Hansen

Teknologisk Institut:

Hans Walløe

Christopher W Murphy

Marcin B Andersen

Per Henrik Pedersen (projektleder).

Her kommer en kort beskrivelse af projekt-partnerne:

Vestfrost

Vestfrost Solutions har produktion i Esbjerg og producerer flaskekølere, vinkølere, vaccinekølere, biotek-køleskabe og kummefrysere. Der er lidt under 300 ansatte i Esbjerg. Vestfrost Solutions har endvidere en mindre produktion i Ungarn, hvor knap 100 mand producerer mindre kølere til energidrikke (bl.a. impuls-kølere).

Vestfrost har haft stor succes med flaskekølere og vinkølere med naturlige kølemidler.

Vestfrost's flaskekøler er blandt de mest energieffektive på markedet, og Vestfrost har haft stor succes med at eksportere den til bl.a. store leverandører af sodavand og øl. Vestfrosts M200 flaskekøler kan også ses i rigtig mange supermarkeder og kiosker i Danmark, ofte mærket ("labelled") med bryggeri- eller sodavandsnavne.

På det seneste har Vestfrost haft lidt besvær med at sælge deres flaskekølere, fordi der er sket strukturændringer hos en af deres store kunder.

Carlsberg

Carlsberg er en global bryggerivirksomhed med hovedkvarter i København og produktion af øl og sodavand i Danmark og i mange andre lande.

Carlsberg var den første større producent af drikkevarer, som besluttede indkøb af flaskekølere med naturlige kølemidler. Carlsberg indkøber hvert år tusinder af flaskekølere, og efter et tidligere projekt (støttet økonomisk af Energistyrelsen) besluttede Carlsberg i 2007 at satse på kulbrinte-kølemidler, idet disse er de mest energieffektive, og teknologien var blevet moden og pålidelig.

Carlsberg har bistået med at finde værter til field-testen, opstilling af apparater i field-testen og diskussion af testresultater.

Carlsberg har en interesse i at kunne levere flaskekølere i den bedste energiklasse og at synliggøre dette.

Nidec

Det har haft stor betydning, at Danfoss Compressors (efterfølgende SECOP og nu Nidec) har hovedkvarter i Flensborg. Der er i udviklingsarbejdet ofte benyttet prototyper og nyudviklede kompressorer og kontroludstyr herfra. Derfor er de danske producenter ofte kommet først på markedet med energieffektive og miljøvenlige produkter. Omvendt har komponentleverandører som Nidec kunnet benytte Danmark som laboratorium til test af nye produkter.

Produktionen af kompressorer finder sted i Østrig, Slovenien, Slovakiet og i Kina.

5. Test af den eksisterende flaskekøler

Teknologisk Institut foretog en akkrediteret test af en R600a-flaskekøler, som er taget ud af produktionen hos Vestfrost. Energiforbruget blev bestemt til at være 2,69 kWh/dag, og temperaturen i køleskabet var helt optimalt (mellem +2,0 og +7,0 °C.) iht temperaturklasse M2 i EN23953. Døråbninger: 120 stk. i løbet af 12 timer, - og ingen døråbninger i de næste

12 timer. Lys i 12 timer. Test udført i klimaklasse 3 (+25 °C, 60% RH). De varmeste pakker blev observeret til at være i bunden af skabet.
Testrapporten findes i appendiks A.

TI foretog ligeledes test af de enkelte el-forbrugende komponenter, herunder ventilator i skabet og ventilatorer til at bortlede kondensatorvarmen, lysdioder og styringen.

Fordamper-ventilatoren forbrugte 11,73 W

Strømforsyningen til belysningen har en effektivitet på 82%.

Når lyset er tændt er forbruget på 31,29W

De tre kondensator-ventilatorer + strømforsyningen forbrugte i alt 11,2 W

Styringen (EMS-styringen) forbrugte 2,81 W under test.

Man kan læse mere om disse test i Appendiks B

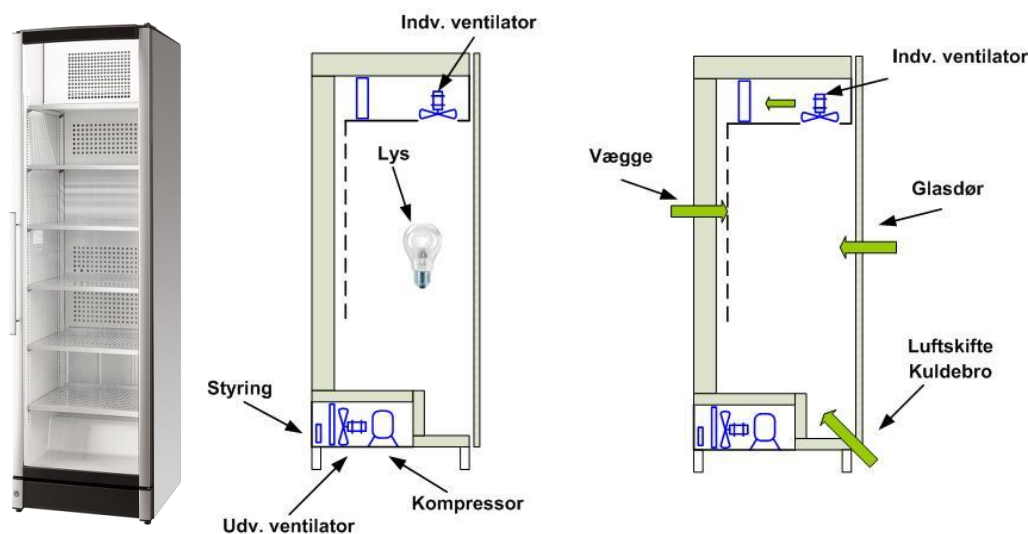
Værdierne er blevet brugt i modelleringsarbejdet (næste afsnit).

6. Matematisk model

Dette afsnit beskriver beregninger og simuleringresultater udført på Vestfrost M200-flaskekøler. Overordnet formål med beregningerne er at finde besparelser således at energiforbrug reduceres med minimum 30 %. Fremgangsmåden er at få energiforbrug af de enkelte komponenter kortlagt samt opstille varmebalance for møblet for at kortlægge, hvad giver største tab i systemet. På baggrund af disse betragtninger gives der forslag til designforbedringer.

Kuldebelastning og Effektforsbrug

Flaskekøleren har en blok-kondensator monteret nederst i kølemøblet med ventilatorerne der sørger for luftskifte se Figur 1.



Figur 1: Til venstre foto af M200-Flaskekøler, og til højre skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald

I tabellen nedenunder ses den beregnede kuldebelastning samt opmålt energiforbrug af de enkelte komponenter.

Kuldebelastning		Original
Indv. Ventilator	W	8,2
Vægge ¹	W	37
Glasdør ¹	W	35
Kuldebro	W	18
Luftskifte ²	W	32,3
Lys ³	W	12,8
Total fordampnerbelastning	W	143,5
Effektforbrug		Original
Kompressor ⁴	W	72,0
Udv. Ventilator ⁵	W	3,3
Indv. Ventilator ⁵	W	8,2
Power supply udv. Ventilator ⁵	W	2,6
Styring	W	2,8
Lys med power supply	W	15,8
Total Forbrug	W	104,7
	kWh	2,51

¹ Regnes på baggrund af $T_{\text{omgivelser}}=25^{\circ}\text{C}$ og $T_{\text{køler}}=0^{\circ}\text{C}$

² Regnes på baggrund af 120 døråbning 1x3min heraf 2sek åbning/lukning og 119x15sek heraf 2sek åbning/lukning

³ Der regnes med at varmen fra lyset afsættes 100 % i kølemøblet. Lyset er tændt 50% af tiden

⁴ Dette er en beregningsværdi. Effektforbrug er beregnet på baggrund af den oplyste COP i produktdatablade hvor der regnes på at kondenserings og fordampningstemperatur er $T_{\text{fordampning}}=-12^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{kondensering}}=35^{\circ}\text{C}$

⁵ Der regnes med 70 % drift på indv. ventilator og 40% drift på udv. ventilator

Tabel 1: Beregnede kuldebelastning og målt energiforbrug.

Betragter man resultater i tabellen ovenover ses det, at den største kuldebelastning kommer fra varmeindfald via væggene, glasdør og tætningslister. Desuden vurderes det at stor del af belastning kommer fra luftskifte ved døråbninger. Beregning i tabel 1 tager hensyn til at flaskekøleren er fyldt med testpakker som i alt fylder en volumen på $0,121\text{m}^3$.

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

I appendiks C er der foretaget beregninger og analyse af luftinfiltration ved døråbning. Resultatet af denne analyse er, at hele luftvolumet i køleskabet bliver udskiftet ved hver døråbning.

Optimeringspotentiale

Baseret på resultaterne fra det foregående afsnit blev det foreslået, 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) Kompressor: Mere effektiv kompressor

I tabellen nedenunder er der vist kapaciteter for den nuværende kompressor NLE15KTK.2 samt forslag til alternative kompressor fra SECOP.

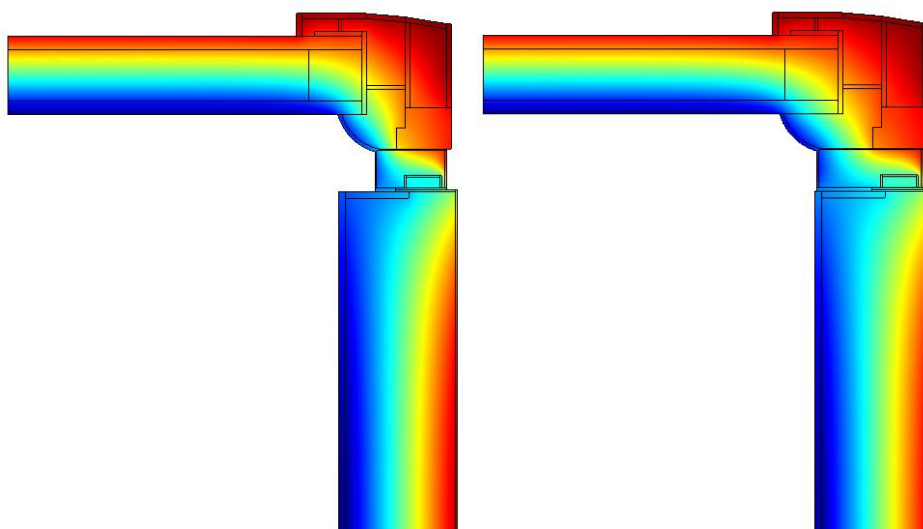
Fordampningstemperatur [C]			-30	-25	-20	-15	-10
NLE15KTK.2	R600a	Kapaciteten [W]	144	190	246	314	395
DLX4.8CN	R290	Kapaciteten [W]	127	167	212	265	326
DLX5.7CN	R290	Kapaciteten [W]	158	204	257	318	389
NLU11KTK.1	R600a	Kapaciteten [W]	115	153	199	253	317
NLU13KTK.1	R600a	Kapaciteten [W]	130	173	224	285	356
NLU15KTK.1	R600a	Kapaciteten [W]	146	195	252	321	401

Tabel 2: Arbejdsområde for kompressorerne ved kondenseringstemperatur på 55C. Data for de nye kompressor er fra SECOP, februar 2015

Forklaring på beregninger fremgår af tabel 3, mens resultaterne vises i tabel 4.

Betegnelse	Forklaring
1 Væg	Isoleringstykkelse gøres 10mm tykkere i forhold til den originale design
2a Dør	U-værdi for glasdør reduceres fra 1,4W/m ² K ned til 1,2 W/m ² K
2b Dør	U-værdi for glasdør reduceres fra 1,4W/m ² K ned til 0,9 W/m ² K
1 + 2b	Tykkere isolering + bedre glasdør
3 Liste	Tætningslisten gøres bredere så den dækker hele bredden af væggen se figur 5
4a Kom.	DLX4.8CN kompressor
4b Kom.	DLX5.7CN kompressor
4c Kom.	NLU11KTK.1 kompressor
4d Kom.	NLU13KTK.1 kompressor
4e Kom.	NLU15KTK.1 kompressor

Tabel 3: Forklaring til gennemførte beregninger



Figur 2: Til venstre original tætningsliste, Til højre bred tætningsliste

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	4a Kom	4b Kom	4c Kom	4d Kom	4e Kom
				1,2W/m2K	0,9W/m2K			DLX4.8CN	DLX5.7CN	NLU11KTK.1	NLU13KTK.1	NLU15KTK.1
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Vægge	W	37	31	37	37	31	37	37	37	37	37	37
Glasdør	W	35	35	30	23	23	35	35	35	35	35	35
Kuldebro	W	18	18	18	18	18	16,5	18	18	18	18	18
Luftskifte	W	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3
Lys	W	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Total fordamperbelastning	W	143,5	137,7	138,2	131,2	125,3	141,7	143,5	143,5	143,5	143,5	143,5
Effektforbrug		Original	1 Væg	2a Dør	2b Dør	1+2b	3 Liste	4a Kom	4b Kom	4c Kom	4d Kom	4e Kom
Kompressor	W	72,0	69,1	69,3	65,8	62,9	71,1	50,3	51,8	50,4	50,3	50,8
Udv. Ventilator	W	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Power supply udv. Ventilator	W	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Styring	W	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Lys med power supply	W	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Total Forbrug	W	104,7	101,7	102,0	98,5	95,5	103,7	82,9	84,4	83,0	82,9	83,4
	kWh	2,51	2,44	2,45	2,36	2,29	2,49	1,99	2,03	1,99	1,99	2,00
Besparelse	%	-	2,86	2,61	5,96	8,78	0,93	20,80	19,40	20,68	20,83	20,34

Tabel 4: Resultaterne af beregningerne ved $T_{ind}=0^{\circ}C$ og $T_{ud}=25^{\circ}C$; $T_{ford}=-12^{\circ}C$ $T_{kond}=35^{\circ}C$

Af tabel 4 kan man se at luftinfiltrationen har et stort indvirkning på energiforbruget. Da der er en vis usikkerhed med beregningens validitet sammenlignes beregningerne med de målte værdier, hvor flaskekøleren kører nat- og dag-drift. Under natdrift er dørene lukket og lyset i kabinen er slukket. Under dagdrift åbnes dørene og lyset i kabinen er tændt. Resultaterne ses i tabel forneden.

Kuldebelastning		Normaldrift	Natdrift	Dagdrift
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2
Vægge	W	37	37	37
Glasdør	W	35	35	35
Kuldebro	W	18	18	18
Luftskifte	W	32,3	0	64,5
Lys	W	12,8	0	25,6
Total fordampbelastning	W	143,5	98,4	188,6
Effektforbrug		Normaldrift	Natdrift	Dagdrift
Kompressor	W	72,0	49,4	94,6
Udv. Ventilator	W	3,3	3,3	3,3
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2
Power supply udv. Ventilator	W	2,6	2,6	2,6
Styring	W	2,8	2,8	2,8
Lys med power supply	W	15,8	0,4	31,3
Total Forbrug	W	104,7	66,6	142,8
	kWh	2,51	1,60	3,43

Tabel 5: Beregnede værdier for normal-, nat- og dag-drift. Normaldrift er et gennemsnit over et døgn.

Af tabel 5 kan man se at døråbninger og lys har en stor indvirkning på energiforbruget. Kigger man på de målte værdier ses der samme tendens, se tabel 6.

ENERGIFORBRUG [Wh]				
	Normal drift		Nat drift	Dag drift
Måleresultater	2713	2687	1776	3576
Beregningsresultater	2513		1600	3426

Tabel 6: Målt og beregnet energiforbrug ved normal-, nat- og dag-drift. Normaldrift er gennemsnit over et døgn.

Sammenligner man energiforbruget ved nat- og dagdrift med energiforbrug ved normaldrift kan man i beregningerne observere en variation på +/-36% i forhold til normaldrift (2513 +/-36%). Målingerne viser en variation på cirka +/-33% (2700 +/-33%).

Opsummering

Ovenstående analyser viser at man kan reducere energiforbruget med godt 20% ved skift til en mere effektiv kompressor fra SECOP. For at nå målet på 30%, skal man også se på andre tiltag som f.eks. øge vægge tykkelser, reducere glasdørens U-værdi samt mindske effekten af kuldebro. Det er parameter der i betydelig grad påvirker flaskekølerens energiforbrug.

Beregninger og målingerne viser også at luftinfiltrationen samt lys indfald har en stor betydning på flaskekølerens energiforbrug. Det er dog parametre som er svære at gøre noget ved.

7. bygning og test af prototyper

7.1 Første serie prototyper

I løbet af vinteren 2015/2016 blev der foretaget en række test af en prototype, som er baseret på Vestfrosts M200 flaskekøler, men monteret en ny prototype-kompressor, som blev leveret af SECOP (Nidec).



Foto 2: Etiketten på prototype-kompressor fra SECOP

Der blev foretaget to test af denne prototype i klimakammer på Teknologisk Institut, og resultatet viste et energiforbrug på en besparelse på 2,278 kWh/d og 2,305 kWh/d. Der er tale om en besparelse på ca. 13%, hvilket var noget lavere end projektgruppen havde forventet. Som vist i forrige afsnit havde projektgruppen forventet en besparelse på ca. 20 %.

Herefter blev der foretaget en række ændringer på prototypen, og der blev foretaget tilsvarende antal nye test i klimakammer efter EN23953.

Alle resultater m.v. er gengivet i testrapporten i appendiks D.

Men her er et kort resumé:

I test 3 er der monteret en ny dør med lidt lavere U-værdi. Resultatet viste 2,243 kWh/dag, hvilket er næste det samme, som med den oprindelige glasdør.

I test 4 er der monteret en rist helt fornedet i flaskekøleren. Denne rist sikrer, at der kommer kold luft omkring de nederste prøvepakker. Som det er nævnt tidligere i rapporten, så findes

de varmeste prøvepakker i bunden af skabet. Ved at sikre luftflow omkring disse prøvepakker bliver disse koldere og temperaturerne bliver mere ensartet i hele flaskekøleren., Flaskekølerens ”set-punkt” kan stilles til en lidt højere temperatur. Herved bliver energiforbruget lidt lavere.

Resultatet blev 2,101 kWh/d, hvilket er ca. 22 % besparelse i forhold til den oprindelige flaskekøler og ca. 8 % bedre end den første udgave af prototypen.

I test 5 er der manipuleret med den elektroniske EMS-styring, således at den interne ventilator kører mindre, når kompressoren ikke kører. I stedet for 2 minutter ON og 2 minutter OFF så kører det nu 2 minutter ON og 4 minutter OFF. Det resulterede i at energiforbruget blev 2,068 kWh/dag uden at det gik ud over temperaturstabiliteten i køleskabet. Den samlede besparelse er på ca. 23%.

	Initial test	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
	Spring 2015	SPC 2,5°C	SPC 3,5°C	SPC 2,5°C	SPC 4,5°C	SPC 4,5°C
Average temperature all packages	4,2	3,2	4,2	3,2	4,7	4,7
Maximum allowed temperature	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Warmest package	7,0	6,2	7,2	6,2	6,9	7,1
Coldes package	2,0	1,3	2,3	1,3	3,2	3,2
Ambient temperature	25,4	25,2	25,3	25,1	24,9	24,9
Energy consumption	2686,6	2374,2	2325,2	2325,4	2098,4	2048
Energy consumption adjusted to +25,0°C	2628,2	2348,1	2287,1	2312,6	2110,1	2059,4
Energy consumption adjusted to maximum allowed temperature warmest package +7°C (87,1Wh/°C) and to ambient +25,0°C	2628,2	2278,4	2304,5	2242,9	2101,4	2068,2
	Initial	Door as supplied	New door	Air flow grid	Air flow grid, change evaporator fan cycle ON=2 OFF=4	

Tabel 7: Oversigt over testresultater for den eksisterende flaskekøler og for den første prototype-serie.

7.2 Teknisk Workshop i april 2016 og test hos SECOP i Flensborg

Den nye prototype-kompressor burde spare i størrelsesordenen 20 %, så der er noget, som ikke har virket som forventet. Vestfrost har gjort meget ud af at optimeret kapillarrørstørrelse og fyldningsmængde, så det var måske tvivlsomt, at det kunne blive bedre med den aktuelle kompressor. Måske er motoren i kompressoren ikke optimalt udlagt. SECOP vil meget gerne have en af de to eksisterende prototyper til test i Flensborg. Vi burde kunne komme i mål med de tiltag, som der er gjort i projektet, hvis kompressoren ydede som forventet.

Derfor blev der holdt en teknisk workshop hos Vestfrost i Esbjerg den 14. april 2016 med deltagelse fra Vestfrost Solutions, SECOP og Teknologisk Institut.

Der blev peget på tiltag, som kan sikre yderligere besparelser:

Styringen af den interne ventilator kan gøres endnu bedre, f.eks. ved at lade ventilatoren køre 1 min og lade den stå stille 3 (eller 4) minutter osv. Det vil passe bedre til kørselsmønsteret og vil give lidt større besparelse. I den udførte test kan man ikke se nogle variationer i temperaturerne i prøvepakkerne ved at forlænge OFF-tiden.

Styringen (Coca-Colas EMS-styring) har et vist energiforbrug. Der er et basisforbrug, og når relæer trækkes stiger EMS'ens forbrug yderligere. Det er muligt, at andre styringer kan gøre det bedre.

Vestfrost nævnte på workshoppen, at der er en mulighed for at montere en ny indre ventilator med vinger, som skulle være bedre.

SECOP har fremstillet enkelte prototyper af en DLV5,7-kompressor (variable speed) til R290 (Propan). Vestfrost har et eksemplar. Denne kompressor vil være en interessant mulighed. Flere nævnte, at den formentlig er lidt for stor til Vestfrost M200-flaskekøler. En lidt mindre kompressor vil passe bedre.

Beslutning på workshoppen:

Teknologisk Institut sender deres prototype af flaskekøler til SECOP i Flensborg til analyse og test. TI sender ligeledes beskrivelse af testprocedure til SECOP.

Det blev besluttet at fastholde en strategi med at benytte NLU-kompressoren, idet denne sammen med de andre tiltag kan sikre, at målet nås.

Vestfrost tester DLV5,7-kompressor på deres prototype, og styrer denne med en Carel-styring og udfører test. Det viste sig, at denne kompressor er alt for stor.

Test hos SECOP

SECOP testede prototypen på deres laboratorium i Flensborg. Der var tale om ret intensive test, hvor der bl.a. blev målet på fordamper og kondensatortrykket.

SECOP konkluderede (efter testen), at kapillarrøret var for langt (dvs. var for restriktivt) og dermed bliver fordamper-trykket for lavt. SECOP konkluderede også, at fordamper-overfladen er lidt for lille.

SECOP designede og fremstillede nye prototype-kompressorer til Vestfrost. Den nye kompressor har et lidt mindre slagvolumen en den første serie.

Resultatet af SECOPs test kan ses i Appendiks E.

7.3 Nye prototyper

Vestfrost fremstillede to nye prototyper af flaskekøleren med de nye kompressorer, lidt større fordamper og lidt kortere kapillarrør.

Den ene prototype blev fyldningsbestemt (med kølemiddel) hos Vestfrost og testet i klimakammer. Resultatet blev godt, og indikerede, at vi nåede godt 30% energibesparelse i forhold til den oprindelige flaskekøler.

Den anden prototype blev sendt til Teknologisk Institut til test.

Test efter EN23953:

Nu målt energiforbruget i klimakammer på TI til 1,75 kWh/d, hvilket er signifikant bedre sammenlignet med den første serie af prototyper.

Energiforbruget er 34,9 % mindre end for den oprindelige flaskekøler.

Hermed er målsætningen nået!

Test efter EN16903:

Undervejs i projektet kom der en helt ny teststandard for flaskekølere. Den er meget anderledes sammenlignet med EN23953, idet der testes med sodavandsdåser i stedet for prøvepakker, og der testes uden døråbninger.

Projektgruppen besluttede også at teste den nye prototype efter den nye standard.

Der blev foretaget tre test:

Test med lyset tændt 12 timer og slukket 12 timer:

Energiforbruget blev målt til 1,369 kWh/d og Energieffektivitetsindex = 22,9 %.

Dette svarer til, at prototypen ligger i den bedste energiklasse i henhold til Kommissionens udkast fra 2014. Her er grænsen til energiklasse A på $EEI < 30\%$.

Der blev foretaget en test, hvor lyset er tændt 24 timer i døgnet, og her er energiforbruget på 1,717 kWh/døgn.

$EEI = 28,8\%$ og her er prototypen stadig i energiklasse A.

Der blev foretaget en test, hvor set-temperaturen blev ændret til $5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, test med lyset tændt 12 timer og slukket 12 timer. Her blev resultatet lidt bedre end for den første test.

Energiforbruget er 1,253 kWh/døgn og $EEI = 21,0\%$.

Projektgruppen besluttede på et projektmøde den 21. juni 2017 at gå videre med den nye serie af prototyper og fremstille 10 styk til field-test i supermarkeder.

Testene af den nye serie af prototyper er gengivet i flere detaljer i appendiks F.

8. Field test

I løbet af sommeren 2017 begyndte projektgruppen at forberede field-test af 10 nye flaskekølere og 5 "gamle" flaskekølere i supermarkeder.

Vestfrost indkøbte komponenter til de nye flaskekølere og producerede dem i september 2017. Den nye generation af flaskekølerne er "labelled" med Carlsberg-logo og reference-skabene er labelled med Coca-Cola-logo.

Vestfrost producerede ligeledes en én-siders informationsbrev, som Carlsberg kunne benytte overfor supermarkeder i forbindelse med at få aftaler om field-test (se appendiks G).

Flaskekølerne til field testen blev afsendt til Carlsberg den 20. september 2017.

Carlsberg begyndte at undersøge mulige placeringer af flaskekølere for test, og det var ønskeligt, at det er supermarkeder i nærheden af Storkøbenhavn for at gøre det lettere for Teknologisk Institut at installere, aflæse og nedtage måleudstyr i testperioden. Carlsberg fik ret hurtigt aftalt med Bilka i Slagelse, at nogle af flaskekølerne kunne opstilles her. Senere kom Føtex i Brønshøj og Meny i Valby til.

Teknologisk Institut begyndte at klargøre måleudstyr til field-testen. Måleudstyret består af en målekasse med elmåler samt tre timetællere og to step-tællere, således at den samlede tilslutningstid, kompressorkøretid, døråbningstid, antal kompressorstarter og antal døråbninger kan registreres. Elmålerne blev testet (kalibreret) i laboratorium på TI og alle viste resultater indenfor en usikkerhed på 1,5 %.

Der blev samtidig klargjort temperaturloggere. Disse blev tjekket ved at placere dem i et køleskab og senere i klimakammer ved +25 °C. De loggere, som havde en afvigelse på mere end 1 °K blev sorteret fra.

Teknologisk Institut monterede måleinstrumenter på testenhederne i de tre supermarkeder og genbesøgte ret hurtigt disse enheder og aflæste resultater og fik dermed de første indikationer på energiforbrug.



Foto 3: Foto af tre af den nye flaskekølere opstillet hos Bilka i Slagelse.



Foto 4: Foto af målekasse og den ene temperaturlogger, placeret ovenpå en flaskekøler.



Foto 5: Foto af den anden temperaturlogger placeret under midterste hylde i flaskekøleren.

Der kom ret hurtigt gode og signifikante testresultater fra de tre supermarkeder.

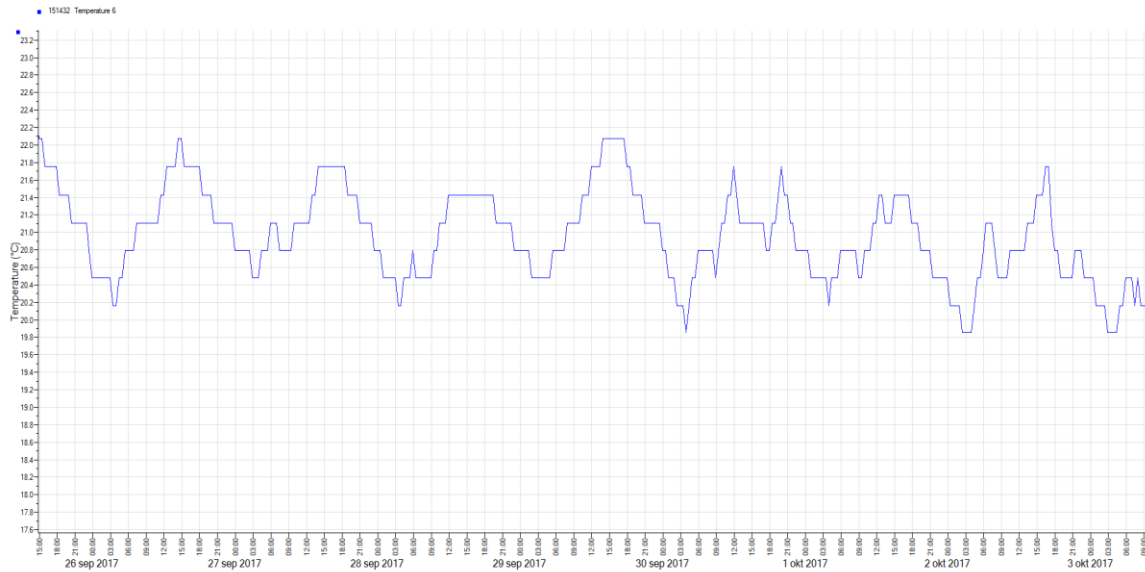
Der blev efter hver aflæsningsrunde udarbejdet en testrapport, som blev rundsendt i projektgruppen. Der er i alt udarbejdet 4 delrapporter, og disse er alle gengivet i Appendiks H.

Her er gengivet nogle af hovedresultaterne og analyser:

Tendensen var klar igennem alle fire aflæsninger.

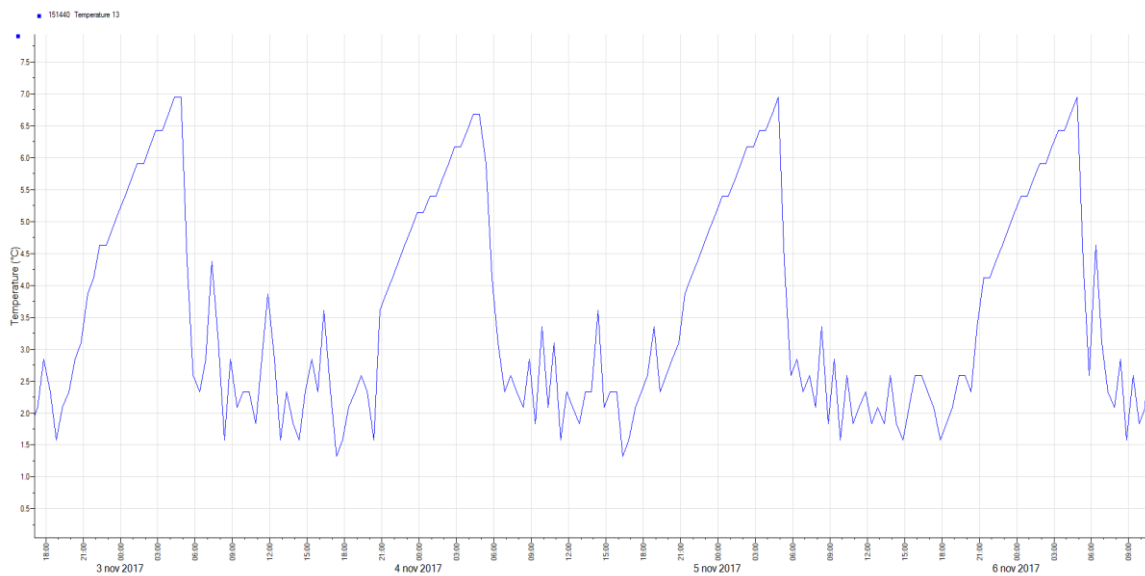
Her er et udsnit af resultaterne, som er udarbejdet i forbindelse med aflæsning 3:

Omgivelsestemperaturerne var nogenlunde konstante i testperioden. I nedenstående figur er vist omgivelsestemperatur for SN337 i Bilka:



Figur 3: Omgivelsestemperaturen på SN 337 (Test Bilka) Temperaturniveauet er nogenlunde konstant, man ser en mindre døgnvariation.

Temperaturerne indeni flaskekølerne var også nogenlunde konstante i testperioden. Den indbyggede EMS-styring sørger for, at temperaturen i flaskekøleren stiger lidt i perioder, hvor der ikke er trafik i butikken (om natten).

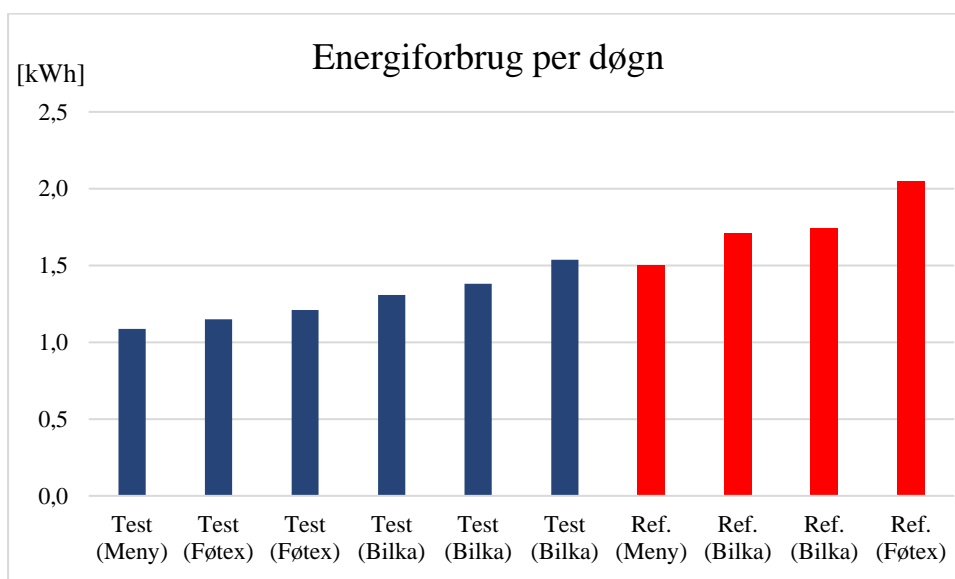


Figur 4: Temperaturforløbet inde i SN 341 (Test Meny; Åben 08-20). man kan tydelig se, at EMS-styringen tillader en mindre stigning i inde-temperaturen, når butikken er lukket, og at der ikke er trafik omkring flaskekøleren.

Per dag (3. aflæs.)	SN	Dør	Dør	Komp. Cyc.	Komp.	Komp.	Energi
Type		[m/døgn]	[-]	[-]	[t/døgn]	[%]	[kWh]

Test (Meny)	341	0,50	1,37	42	5,08	21%	1,1
Test (Føtex)	339	1,77	8,95	49	4,98	21%	1,1
Test (Føtex)	332	9,75	13,59	45	5,31	22%	1,2
Test (Bilka)	337	1,39	8,07	48	5,11	21%	1,3
Test (Bilka)	336	1,76	11,04	61	5,49	23%	1,4
Test (Bilka)	338	9,86	9,32	49	6,97	29%	1,5
Ref. (Meny)	345	0,50	3,88	55	4,53	19%	1,5
Ref. (Bilka)	342	1,14	8,86	63	4,68	19%	1,7
Ref. (Bilka)	344	1,89	14,94	66	4,59	19%	1,7
Ref. (Føtex)	343	2,48	15,71	65	6,41	27%	2,0

Tabel 8: Målinger for tredje aflæsning. *(SN = Serienummer)



Figur 5. Figuren illustrer energiforbruget per døgn for samtlige flaskekølere ved 3. aflæsning, de blå barer angiver test flaskekølerne og de røde reference flaskekølerne. Alle på nær én test flaskekølerne forbruger mindre energi sammenlignet med reference kølerne. Denne tendens har været konstant igennem hele fieldtesten.

Den næste tabel viser de gennemsnitlige værdier for test- og referencekølerne per døgn, samt den procentuelle forskel imellem dem. Resultaterne er tilsvarende de to foregående aflæsninger, idet at den samlede døråbningstid er signifikant højere for testkølerne, antallet af åbninger er mindre, antallet af kompressor cyklus er mindre og at forskellen i det samlede energiforbrug er ca. 30%.

	Dør [h]	Dør [-]	Komp cyc. [-]	Komp. [h]	Komp. [%]	Energi [kWh]
Test	4,17	8,60	48,69	5,19	22	1,23
Reference	1,50	10,85	62,26	5,05	21	1,75
Forhold	178%	-21%	-22%	3%	3%	-30%

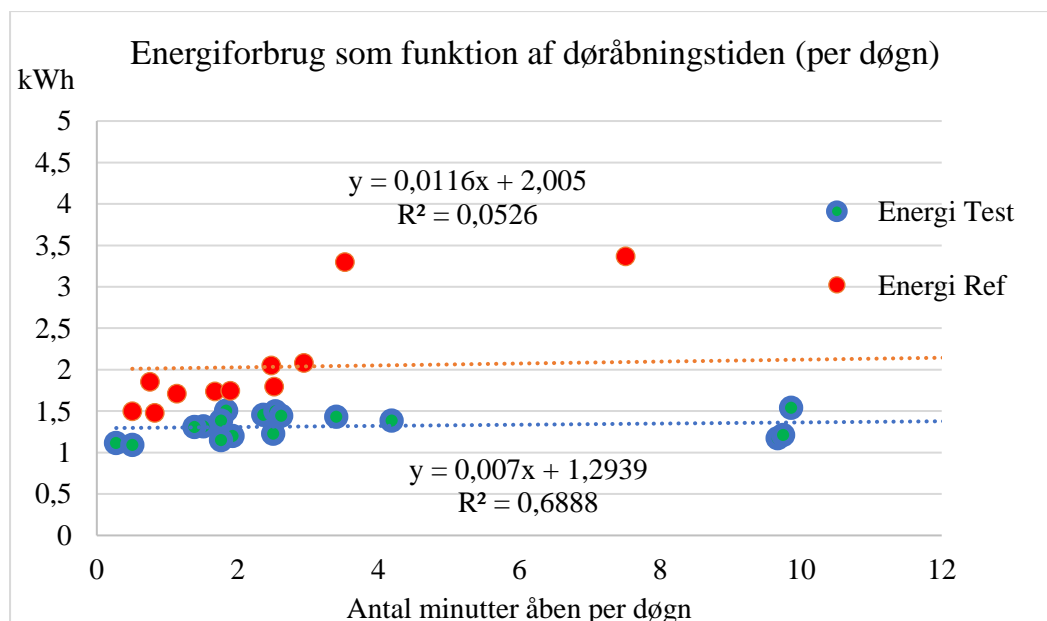
Tabel 9: Gennemsnitsværdier for hhv. test- og referencekølerne (middel over et døgn) 3. aflæsning

Fieldtesten har overordnet set vist, at test-flaskekølerne forbruger mindre energi i forhold til referencekølerne. Dog har det også vist sig at forbrugsmønstret har været lidt forskellig imellem test og referencekølerne.

I dette afsnit bliver indflydelsen af forbrugsmønstret og driftsmønster på det samlede energiforbrug undersøgt.

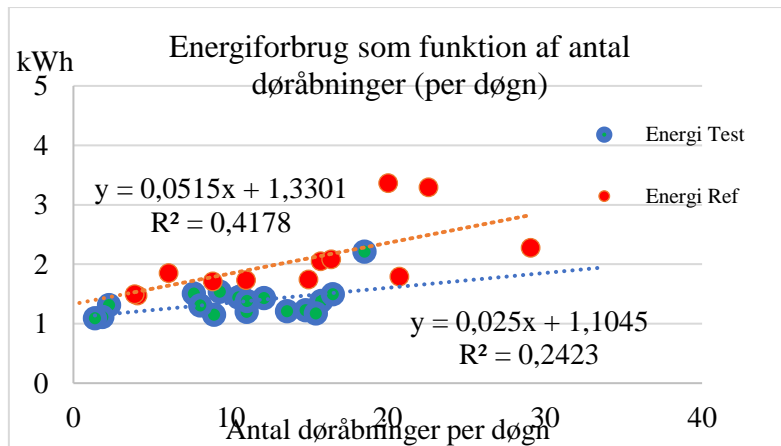
Analysen er foretaget ved at anvende alt indsamlet data for de tre første aflæsninger. Dernæst er hver af de fire variables indflydelse blevet analyseret i forhold til energiforbruget, (Antal døråbninger, samlet døråbningstid, antal kompressor cyklus og procentuelle driftstid af kompressor). For hver variabel har der været foretaget en regressionsanalyse for at undersøge hvorvidt der har været observationer nok til at sammenhængen kunne tilskrives som værende statistisk signifikant, hvilket er tilfældet for alle variable undtagen sammenhængen imellem døråbningstiden og energiforbruget for referencekølerne. Dette kan findes i Appendiks H, inklusivt øvre og nedre konfidensinterval, p-værdi samt antallet af observationer.

Figuren nedenfor viser energiforbruget som funktion af døråbningstiden for hhv. test og referencekølerne, deres trendlinjer, R kvadreret og linjens ligning. Dertil viser R kvadreret en lav korrelation imellem energiforbrug og døråbningstiden. For testkølerne er korrelationen stærkere end for referencekølerne. Dog skal det bemærkes, at i begge tilfælde indikeres det, at døråbningstiden kun har en marginal indflydelse på energiforbruget.



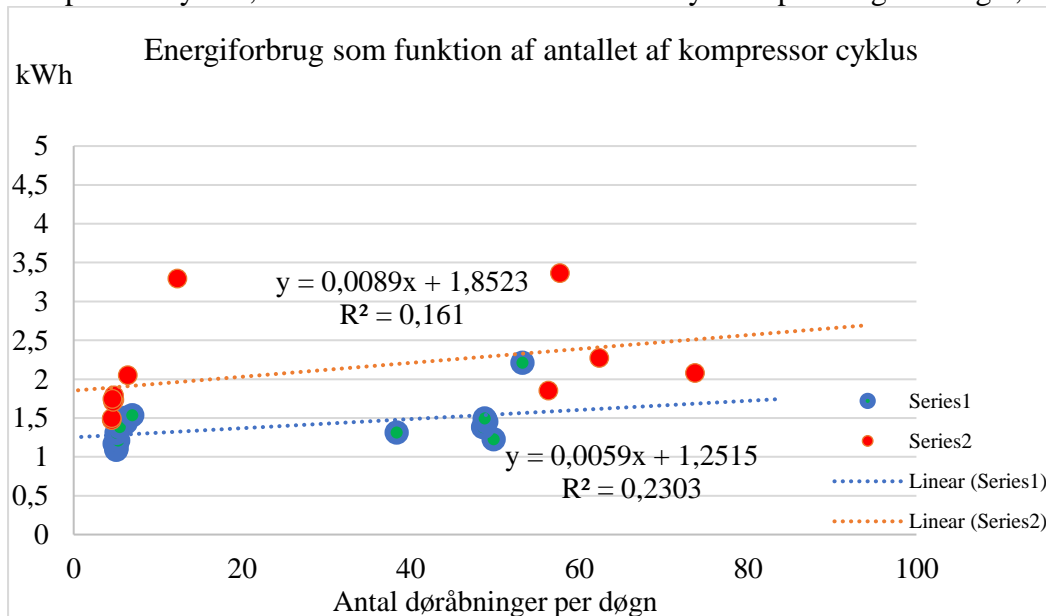
Figur 6: Energiforbrug som funktion af døråbningstiden (per døgn)

Figuren nedenfor viser energiforbruget som funktion af antallet af døråbninger. Grafen illustrerer tydeligt at den energimæssige omkostning af enkelt døråbning er lav. Dette kan måske forklares ved, at flaskekølerne oftest er helt fyldte med dåser og flasker, hvorved luftskiftet bliver mindre.



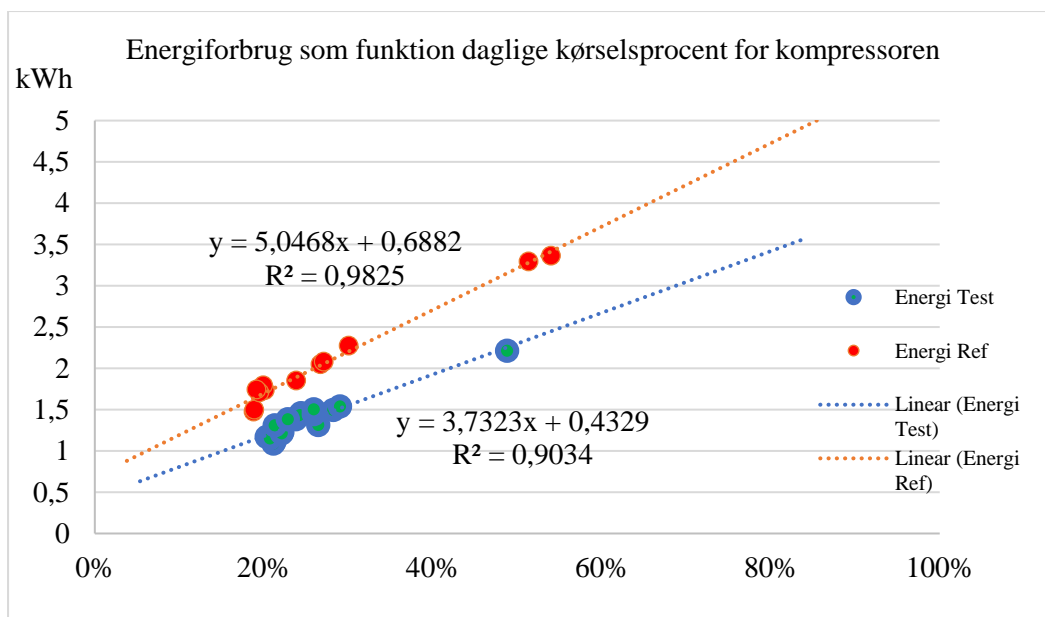
Figur 7: Energiforbrug som funktion af antal åbninger (per døgn)

Figuren nedenfor illustrerer ligeledes en lav korrelation imellem energiforbrug og antallet af kompressor cyklus, men at antallet ikke er uden indflydelse på energiforbruget, blot minimal.



Figur 8: Energiforbrug som funktion af antallet af kompressor cyklus

Figuren nedenfor viser energiforbruget som funktion af kompressoren daglige kørselsprocent. I dette tilfælde ses det at energiforbruget er stærkt korreleret til kompressorens samlede antal timer i drift. Derudover kan det ses, at energiforbruget kan reduceres betragteligt, hvis den samlede driftsprocent holdes nede. Denne variabel er i sig selv ikke uafhængig da kølebehovet og dermed kompressorens drift, er betinget af forbrugsmønstret, opfyldning, omgivelsestemperaturen mm.



Figur 9: Energiforbrug som funktion daglige kørselsprocent for kompressoren

I starten af marts 2018 blev testen afsluttet ved at måleinstrumenterne blev nedtaget. Flaskekølerne i Bilka, Slagelse var i mellemtiden nedtaget på grund af ombygning, og det har ikke været muligt for Carlsberg at finde ud af, hvor måleinstrumenter (og flaskekølere) var blevet af. Men heldigvis har projektet fået gode testresultater fra Bilka ligesom fra de andre to supermarkeder.

Undervejs i processen var der stadig 3 af den nye flaskekølere og én af de eksisterende flaskekølere, som ikke var placeret. På grund af den fremskredne tidsplan besluttede Teknologisk Institut af tidsmæssige og ressourcemæssige grunde; - i løbet af januar måned 2018, at de resterende køleskabe ikke kunne indgå i testen.

9. Konklusion

Det er lykkedes, at udvikle og test en ny generation af flaskekølere med 30 % mindre energiforbrug uden at det er gået ud over den service, som flaskekøleren yder. Dette er vist ved akkrediterede test efter EN23953 i kølelaboratorie hos Teknologisk Institut i Taastrup. Det er også vist i laboratoriet hos Vestfrost Solutions i Esbjerg.

Den nye generation af flaskekølere benytter en ny type kompressor fra Nidec. Det vurderes, at denne nye generation af kompressorer ikke vil være væsentlig dyrere end den ”gamle” kompressor.

Det er endvidere vist, at den nye generation af flaskekølere testet efter den nye teststandard, EN16903 ligger i den bedste energiklasse A i det forslag til energimærkningsordning, som

EU-Kommissionen udsendte i 2014. Målinger viser, at energiforbruget de ligger bekvemt under grænsen for energiklasse A.

Der er i samarbejde med Carlsberg Danmark udført field-test af 6 stk. af den nye generation af flaskekølere og 4 referencekølere i de tre supermarkeder: Bilka Slagelse, Meny Valby og Føtex i Brønshøj. Testen er foretaget i perioden fra primo oktober 2017 til primo marts 2018 og viser, at den nye generation af flaskekølere forbruger ca. 30 % mindre energi sammenlignet med referencegruppen. Den nye generation af flaskekølere er endvidere lige så driftssikre som referencegruppen, og der har ikke været nogle børnesygdomme med kølerne.

Appendiks A: Test af eksisterende flaskekøler



TEST REPORT

Brand & model
Vestfrost M200 Coca Cola

Report no.
300-KLAB-15-133

Date
21st May 2015

**Energy & Climate
Refrigeration & Heat Pump Technology**



TEST Reg. No. 300



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

Gregersensvej
P.O. Box 141
DK-2630 Taastrup
Tel.: +45 7220 2000
Fax: +45 7220 2019

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

TEST REPORT

Enclosures: 3
Contract no. I15-05

Claimant Contact person: Per Henrik Pedersen
Company: Teknologisk Institut
Address: Gregersensvej 1
Town: 2630 Taastrup
Tel.: +45 7220 2513
Fax:
E-mail: prp@teknologisk.dk

Item Brand: Vestfrost
Model: M200 Coca Cola
Type of appliance: Commercial refrigerator (bottle cooler)

Reception/date: 13.04.2015
Test/date: 22.04.2015 – 18.05.2015

Remarks

Terms Accredited testing was carried out in compliance with the current guidelines laid down by DANAK (Danish Laboratory Accreditation Scheme), please see www.danak.dk and in compliance with DTI's General Terms and Conditions Regarding Commissioned Work Accepted by the Danish Technological Institute (DTI), February 2013. The test results apply to the tested samples only.
This test report may be reproduced in extracts only if the laboratory has approved the extract in writing.

Signature/Test performed by

Hans Walløe
Senior Consultant

Emil Jacobsen
Consultant



0. TABLE OF CONTENTS

- 0. TABLE OF CONTENTS
- 1. TEST PROGRAM
- 2. EQUIPMENT
- 3. METHOD
- 4. RESULTS
 - 4.1 Energy consumption – Test 1
 - 4.2 Energy consumption – Test 2
 - 4.3 Energy consumption – Test 3
 - 4.4 Energy consumption – Test 4
- 5. COMMENTS
- 6. REFERENCES

ENCLOSURE 1: Photos – type plate & compressor
ENCLOSURE 2: Photos – appliance in test
ENCLOSURE 3: Storage plans

1. TEST PROGRAM

This test report comprises results from the following tests accredited by DANAK:

Energy consumption tests are performed at ambient temperature 25 °C, 60 % RH consisting with test room climate class 3. Operating temperatures are in accordance with temperature class M2, with a range from -1°C to +7°C.

Test 1: Appliance loaded with standard test packages (ref 3+4). Door opened ten times per hour every time for a total of 15 seconds (ref 4).

2. EQUIPMENT

The information is given by application to the laboratory.

3. METHOD

The accredited tests were carried out according to DS/EN 23953.

The tests are performed with a 24 hours cycle, a period on 12 hours where the door remain closed and the light is switched off, followed by a 12 hours period where the light is on and the door is in the beginning of the period open for 3 minutes followed by a number of cycles as described in the test program.



4. RESULTS

The test results solely apply to the tested appliance(s).

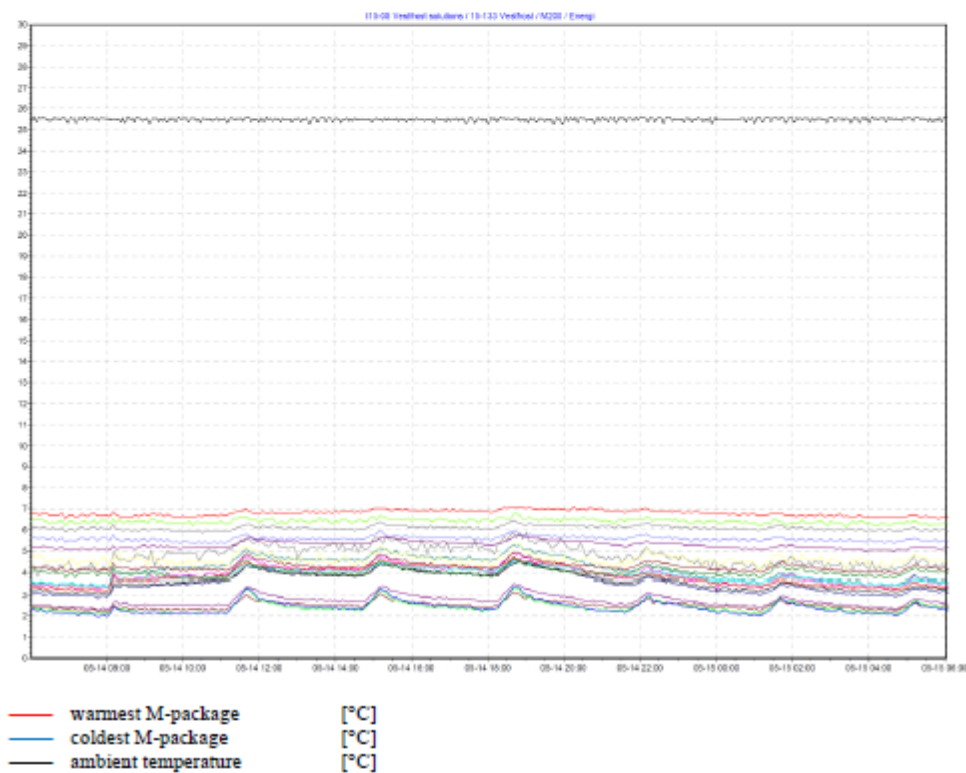
Test conditions:

- Temperature class M2, -1°C to +7°C
- Climate class 3, 25°C and 60% RH
- All settings as default when delivered

Energy consumption - Test 1

Standard test packages, door opening (ref 4), 15 seconds every 6 minute

Test 2	Test results	Requirement	Meets requirement
Highest temperature of warmest M-package, Θ_{ab} / Measure point no.	[°C] 7,0 / A18 no. 10	$\leq +7$	Yes
Lowest temperature of coldest M-package, Θ_b / Measure point no.	[°C] 2,0 / A13 no. 11	≥ -1	Yes
Average mean temperature of all M-packages, Θ_{mc}	[°C] 4,2	-	-
Energy consumption, TEC [kWh/24h]	2,69	-	-





5. COMMENTS

-

6. REFERENCES

1. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-1, October 2005
"Refrigerated display cabinets – Part 1: Vocabulary".
2. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-1:2005/A1, February 2012
"Refrigerated display cabinets – Part 1: Vocabulary – Amendment 1
3. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-2, October 2005
"Refrigerated display cabinets – Part 2: Classification, requirements and test conditions".
4. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-2:2005/A1, February 2012
"Refrigerated display cabinets – Part 2: Classification, requirements and test conditions – Amendment 1

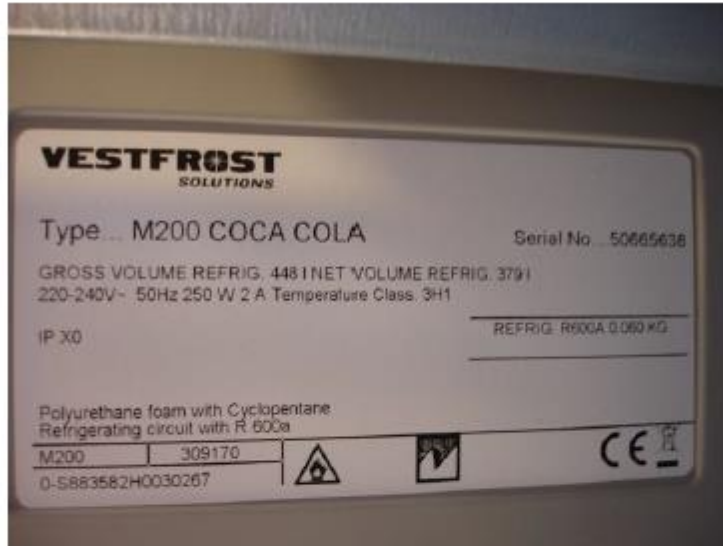


ENCLOSURE 1





ENCLOSURE 1








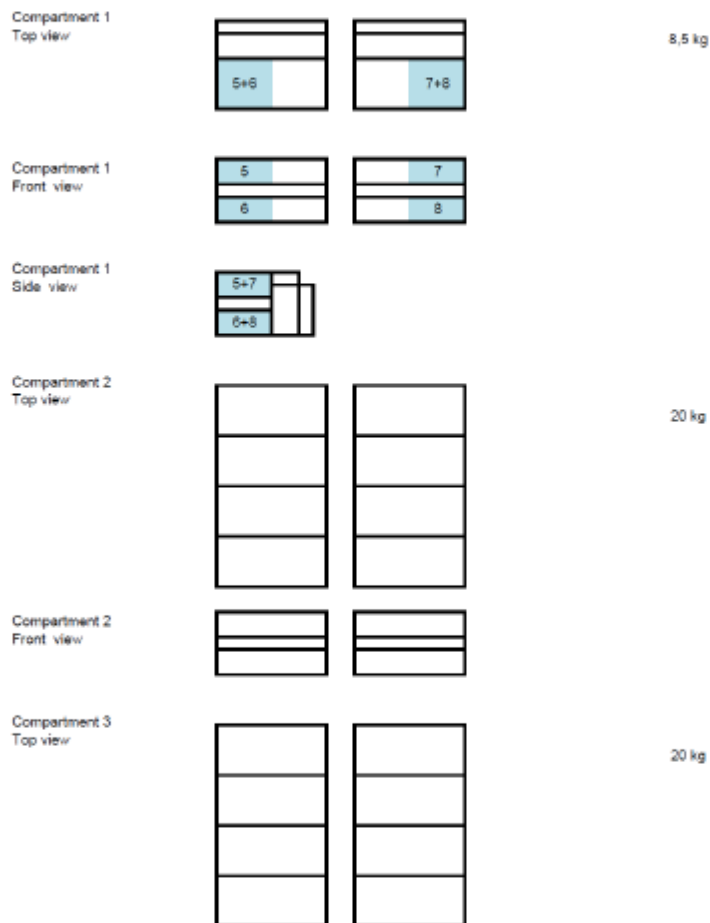
ENCLOSURE 2






ENCLOSURE 3

No.: D5.05		 DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
Edition: 9		
Made by: LBK		
Laboratory: KLAB-T		
Date: 16-04-2012		
Vestfoot M200	Storage plan - energy consumption	KLAB- 13-144
Compartment 1-7: Loaded to the edge of the shelf		
Total load: 121 kg	Anvil 13 	Anvil 18 



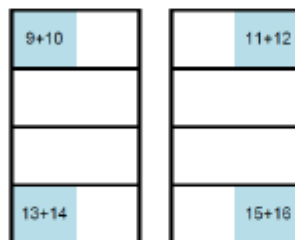


No.: D5.05		 DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
Edition: 9		
Made by: LBK		
Laboratory: KLAB-T		
Date: 16-04-2012		
Vestfrost M200	Storage plan - energy consumption	KLAB- 13-144
Compartment 1-7: Loaded to the edge of the shelf		

Compartment 3
Front view

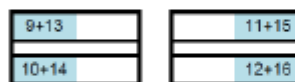


Compartment 4
Top view

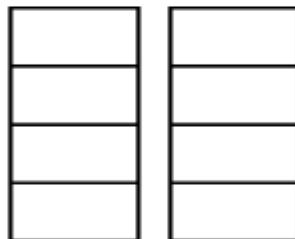


20 kg

Compartment 4
Front view

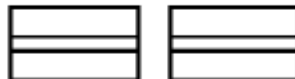


Compartment 5
Top view




20 kg

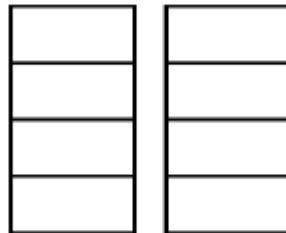
Compartment 5
Front view





No.: DS.05		 DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
Edition: 9		
Made by: LBK		
Laboratory: KLAB-T		
Date: 16-04-2012		
Vestfrost M200	Storage plan - energy consumption	KLAB- 13-144
Compartment 1-7: Loaded to the edge of the shelf		

Compartment 6
Top view



20 kg

Compartment 6
Front view



Compartment 7
Top view

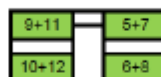


12,5 kg

Compartment 7
Front view



Compartment 7
Side view





TEST REPORT

**Control of electric power consumption and efficiency of power supplies
installed in the bottle cooler**

Brand & model
Vestfrost M200

Report no.
300-KLAB-15-128
300-KLAB-15-129
300-KLAB-15-130
300-KLAB-15-131

Date
10th April 2015

**Energy & Climate
Refrigeration & Heat Pump Technology**



TEST REPORT

Enclosures: 5
Contract no. I15-10

Claimant	Contact person:	Per Henrik Pedersen
	Company:	Teknologisk Institut
	Address:	Gregersensvej 2
	Town:	2630 Taastrup
		Denmark
	Tel.:	+45 72202513
	Fax:	+45
	E-mail:	prp@teknologisk.dk
Item	Brand:	Vestfrost
	Model:	M200
	Type of appliance:	Display cabinet, bottle cooler
	Reception/date:	09.04.2015
	Test/date:	10.04.2015 –10.04.2015

Remarks -

Terms Accredited testing was carried out in compliance with the current guidelines laid down by DANAK (Danish Laboratory Accreditation Scheme), please see www.danak.dk and in compliance with DTT's General Terms and Conditions Regarding Commissioned Work Accepted by the Danish Technological Institute (DTI), February 2013. The test results apply to the tested samples only.
This test report may be reproduced in extracts only if the laboratory has approved the extract in writing.

Signature/Test performed by

Hans Walloe
Senior Consultant



0. TABLE OF CONTENTS

- 0. TABLE OF CONTENTS
- 1. TEST PROGRAM
- 2. EQUIPMENT
- 3. METHOD
- 4. RESULTS
- 5. COMMENTS
- 6. REFERENCES

1. TEST PROGRAM

Measurement of power consumption and efficiency of power supplies

2. EQUIPMENT

The information is given by application to the laboratory.



Example on a test item in test

3. METHOD



4. RESULTS

The test results solely apply to the tested appliance(s).

Test Item 15-128 Evaporator fan.

Measured power consumption [Watt]	11,73
-----------------------------------	-------





Test Item 15-129 Light system.

- 15-129-1 Power supply
- 15-129-2 LED light door
- 15-129-3 LED light top

15-129-1 Power supply

Test details	Lab.id	300-KLAB-15-129-1
	Test Date	10-04-2015
	Tested by	HAW
	Ambient temperature [°C] (23 ± 5°C)	24
	Crest factor ([1,34;1,49])	1,415-1,419
	Frequency [Hz] (50 ± 1%)	50,00
	End use product	Vestfrost M200
Product	Manufacturer	MW-Mean Well
	Model	LPV-35-12
	Serial	-
	AC/DC or AC/AC	AC/DC
	Low voltage power supply	No
	Nominal Voltage [V]	12
	Max output [mA]	3000
Po=Max power, sec [VA]/[W]	36	

Input Primery side	Load [%]	0	25	50	75	100
	Voltage [V] (230 ± 1%)	230,0	230,0	230,0	230,0	230,0
Power [W]	0,38	11,52	22,02	32,58	42,99	
Output Secondary side	Current [mA]	0	750	1500	2250	3000
	Power [W]	0	9,09	18,11	27,11	35,97
	Efficiency	-	0,789	0,822	0,832	0,837

	Measured values
Average efficiency	0,820
Power consumption 0% load [W]	0,38

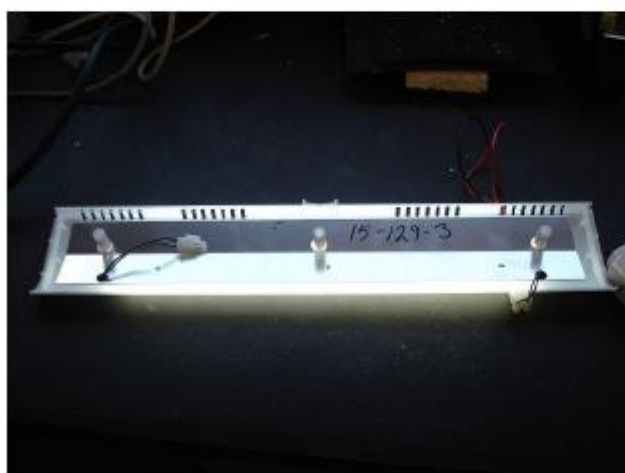


15-129-2 LED light door
15-129-3 LED light top

Measured power consumption, door light only including power supply [Watt]	24,95
Measured power consumption, top light only including power supply [Watt]	7,67
Measured power consumption, door + top light including power supply [Watt]	31,26

Since the average efficiency for the power supply is 82%, this percentage of the above power values will be lost in the LED lamps and the rest will be lost in the power supply.







Test Item 15-130 Condenser fan.

15-130-1 Power supply
15-130-2 Fan system

15-130-1 Power supply

Test details	Lab.id	300-KLAB-15-130-1
	Test Date	10-04-2015
	Tested by	HAW
	Ambient temperature [°C] (23 ± 5°C)	24
	Crest factor ([1,34;1,49])	1,415-1,419
	Frequency [Hz] (50 ± 1%)	50,00
	End use product	Vestfrost M200
Product	Manufacturer	Wujiang Huafeng Elec. Co
	Model	7039821
	Serial	-
	AC/DC or AC/AC	AC/DC
	Low voltage power supply	No
	Nominal Voltage [V]	18,5
	Max output [mA]	1200
	Po=Max power, sec [VA]/[W]	22,2

Input Primary side	Load [%]	0	25	50	75	100
	Voltage [V] (230 ± 1%)	230,0	230,0	230,0	230,0	230,0
Power [W]	2,24	9,51	16,7	23,79	30,84	
Output Secondary side	Current [mA]	0	300	600	900	1200
	Power [W]	0	6,49	12,48	17,99	23,14
	Efficiency	-	0,682	0,747	0,756	0,750

	Measured values
Average efficiency	0,734
Power consumption 0% load [W]	2,24



15-130-2 Condenser fan system

Measured power consumption, fan system including power supply [Watt]	11,20
--	-------

Since the average efficiency for the power supply is 73%, this percentage of the above power values will be lost in the fans and the rest will be lost in the power supply.







Test Item 15-131 Elstat control unit.

Measured power consumption [Watt]	2.83
-----------------------------------	------







5. COMMENTS

6. REFERENCES

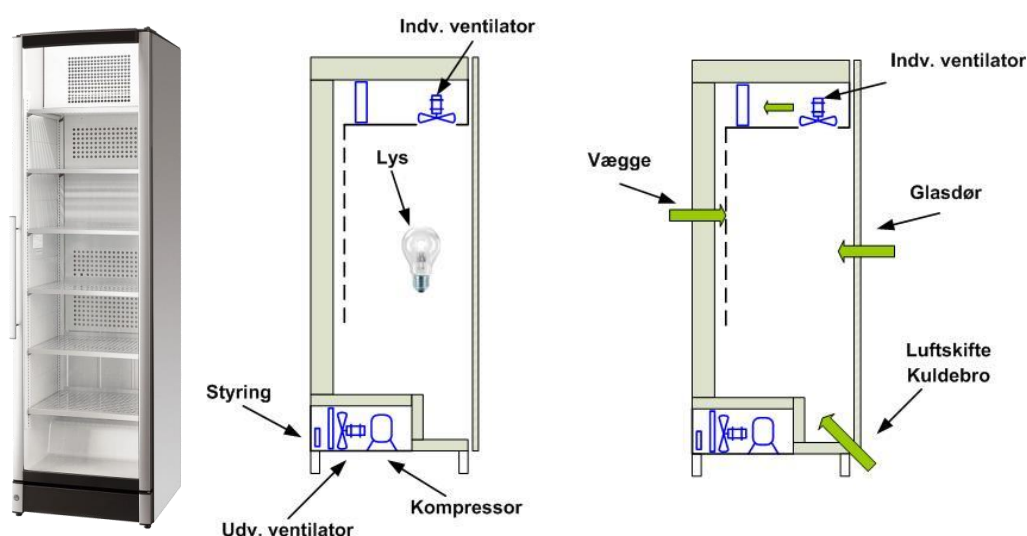
Appendiks C: Matematisk model og beregninger

Notat om den nuværende flaskekøler og forbedringsforslag.

Nærværende notat beskriver beregninger og simuleringsresultater udført på Vestfrost M200-flaskekøler. Overordnet formål med beregningerne er at finde besparelser således at energiforbrug reduceres med minimum 30 %. Fremgangsmåden er at få energiforbrug af de enkelte komponenter kortlagt samt opstille varmebalance for møblet for at kortlægge, hvad giver største tab i systemet. På baggrund af disse betragtninger gives der forslag til design-forbedringer.

Kuldebelastning og Effektforsøg

Flaskekøleren har en blok-kondensator monteret nederst i kølemøblet med ventilatorerne der sørger for luftskifte se Figur 1.



Figur 3: Til venstre M200-Flaskekøler, til højre skitse af de vigtigste komponenter samt varmeindfald

I tabellen nedenunder ses den beregnede kuldebelastning samt opmålt energiforbrug af de enkelte komponenter.

Kuldebelastning		Original
Indv. Ventilator	W	8,2
Vægge ¹	W	37
Glasdør ¹	W	35
Kuldebro	W	18
Luftskifte ²	W	32,3
Lys ³	W	12,8
Total fordampnerbelastning	W	143,5
Effektforbrug		Original
Kompressor ⁴	W	72,0
Udv. Ventilator ⁵	W	3,3
Indv. Ventilator ⁵	W	8,2
Power supply udv. Ventilator ⁵	W	2,6
Styring	W	2,8
Lys med power supply	W	15,8
Total Forbrug	W	104,7
	kWh	2,51

¹ Regnes på baggrund af T_omgivelser=25°C og T_køler=0°C
² Regnes på baggrund af 120 døråbning 1x3min heraf 2sek åbning/lukning og 119x15sek heraf 2sek åbning/lukning
³ Der regnes med at varmen fra lyset afsættes 100 % i kølemøblet. Lyset er tændt 50% af tiden
⁴ 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_fordampning=-12°C; T_kondensering=35°C
⁵ Der regnes med 70 % drift på indv. ventilator og 40% drift på udv. ventilator

Tabel 5: Beregnede kuldebelastning og målt energiforbrug.

Betragter man resultater i tabellen ovenover ses det, at den største kuldebelastning kommer fra varmeindfald via væggene, glasdør og tætningslister. Desuden vurderes det at stor del af belastning kommer fra luftskifte ved døråbninger. Beregning i tabel 1 tage hensyn til at flaskekøleren er fyldt med testpakker som i alt fylder en volumen på 0,121m³.

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

Beregning af luftinfiltrationen er baseret på ligninger fundet i ASHREA Handbook. Ligninger er dog rettet mod lager og frysehuse og giver et bud på infiltrationseffekter ved døråbninger. Der var ikke fundet en bedre analyseværktøj der fokuserer på køleskabe og fryser og derfor tages der udgangspunkt i denne ligningssæt. Det noteres dog at frysehuse har lang større volumen. Derfor må der være en maksimum luftvolumen der kan strømme ud af flaskekøleren og som så erstattes med omgivelsesluft. Dette er taget med i betragtning ved at lægge loft på hvor meget volumen der kan strømme ud af flaskekøleren. I det følgende vises beregningsmetoden:

ASHREA Handbook – bestemmelse af infiltration kuldebelastning ved døråbninger

Kuldebelastning ved døråbningssekvensen bestemmes ved følgende ligning:

$$q_t = q \cdot D_t \cdot D_f \cdot (1 - E)$$

Hvor

$$D_t = \frac{P \cdot t_p + t_o}{t_d}$$

$$q = 0,221 \cdot A \cdot (h_i - h_r) \cdot \rho_r \cdot \left(1 - \frac{\rho_i}{\rho_r}\right)^{0,5} \cdot (g \cdot H)^{0,5} \cdot F_m$$

$$F_m = \left(\frac{2}{1 + \left(\frac{\rho_r}{\rho_i}\right)^{\frac{1}{3}}} \right)^{1,5}$$

q_t = Gennemsnit kuldebelastning på en periode på 24h [W]

q = Sensible og latent varme ved fuld etableret strømning

D_t = Åbningsfaktor

D_f = Flow faktor – erfaringsværdi sættes til 0,8

E = Effektivitet af infiltration beskyttende enhed – sættes til 0

D_t = Åbningsfaktor

P = Antal døråbning

t_p = Åbnings og lukke tid [sec] – sættes til 2sec

t_o = Samlet tid hvor døren står åben [sec]

t_d = Tidsperiode [sec] – sættes til 24h

A = Dørareal [m²]

h_i = Omgivelsesluft enthalpi

h_r = Kølerluft enthalpi

ρ_r = Kølerluft densitet

ρ_i = Omgivelsesluft densitet

g = Tyngdekraft

H = Dørens højde

F_m = Densitets faktor

Bestemmelse af maksimum kuldebelastning på grund af infiltrationen

Som skrevet tidligere kan der maksimalt udskiftes luftvolumen i flaskekøleren. Derfor bestemmes den maksimale infiltrations belastning på baggrund af flaskekølerens indvendig volumen minus volumen af test pakker. Maksimale infiltrationsbelastning bestemmes ved følgende ligning:

$$q_{max} = \frac{((V - V_{pakker}) \cdot \rho_r \cdot (h_i - h_r) + m_{vand} \cdot h_{if}) \cdot P}{t_d}$$

Hvor

$$m_{vand} = (\omega_i - \omega_r) \cdot m_{tør,luft}$$

$$m_{tør,luft} = \frac{(V - V_{pakker}) \cdot \rho_r}{\omega_r + 1}$$

q_{max} = Den maksimale kuldebelastning

V = Flaskekølerens indvendig volumen

V_{pakker} = Total volumen af testpakker (0,121m³)

h_i = Omgivelsesluft enthalpi

h_r = Kølerluft enthalpi

h_{if} = Smelte enthalpi

ρ_r = Kølerluft densitet

ρ_i = Omgivelsesluft densitet

m_{vand} = Massen af vand der kondenserer og fryser på fordamperfladen

P = Antal døråbning

t_d = Tidsperiode [sec] – sættes til 24h

ω_i = Omgivelsesluft luftfugtighed [$\frac{kg \text{ vand}}{kg \text{ tør luft}}$]

ω_r = Kølerluft luftfugtighed [$\frac{kg \text{ vand}}{kg \text{ tør luft}}$]

$m_{tør,luft}$ = Massen af tørreluft

Kuldebelastning på grund af infiltrationen

Kuldebelastning som flaskekøleren skal overvinde på grund af infiltrationen bestemmes ved at tage den mindste værdi af de to belastninger:

$$q_{infiltration} = MIN(q ; q_{max})$$

Det viser sig, at luftskiftebelastningen er lig med q_{max} , det vil sige, at hele luftvolumet i flaskekøleren er udskiftet i den tid flaskekøleren står åben.

Optimeringspotentiale

Baseret på resultaterne fra det 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) Kompressor: Mere effektiv kompressor

I tabellen nedenunder er der vist kapaciteter for den nuværende kompressor NLE15KTK.2 samt forslag til alternative kompressor fra SECOP.

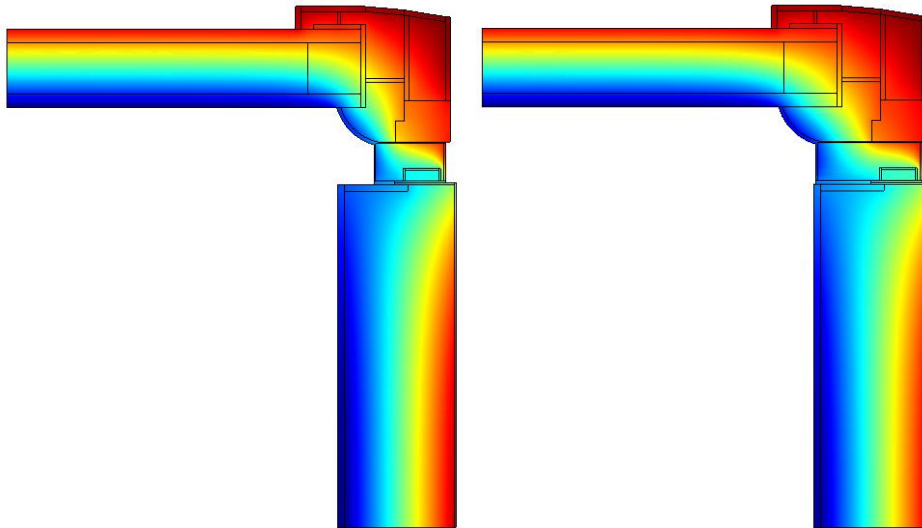
Fordampningstemperatur [C]			-30	-25	-20	-15	-10
NLE15KTK.2	R600a	Kapaciteten [W]	144	190	246	314	395
DLX4.8CN	R290	Kapaciteten [W]	127	167	212	265	326
DLX5.7CN	R290	Kapaciteten [W]	158	204	257	318	389
NLU11KTK.1	R600a	Kapaciteten [W]	115	153	199	253	317
NLU13KTK.1	R600a	Kapaciteten [W]	130	173	224	285	356
NLU15KTK.1	R600a	Kapaciteten [W]	146	195	252	321	401

Tabel 6: Arbejdsområde for kompressorerne ved kondenseringstemperatur på 55C. Data for de nye kompressorer er fra SECOP, februar 2015

Forklaring på beregninger fremgår af tabel 3, mens resultaterne vises i tabel 4.

Betegnelse	Forklaring
1 Væg	Isoleringstykkelse gøres 10mm tykkere i forhold til den originale design
2a Dør	U-værdi for glasdør reduceres fra 1,4W/m ² K ned til 1,2 W/m ² K
2b Dør	U-værdi for glasdør reduceres fra 1,4W/m ² K ned til 0,9 W/m ² K
1 + 2b	Tykkere isolering + bedre glasdør
3 Liste	Tætningslisten gøres bredere så den dækker hele bredden af væggen se figur 5
4a Kom.	DLX4.8CN kompressor
4b Kom.	DLX5.7CN kompressor
4c Kom.	NLU11KTK.1 kompressor
4d Kom.	NLU13KTK.1 kompressor
4e Kom.	NLU15KTK.1 kompressor

Tabel 7: Forklaring til gennemførte beregninger



Figur 4: Til venstre original tætningsliste, Til højre bred tætningsliste

Kuldebelastning		Original	1 Væg	2a Dør 1,2W/m2K	2b Dør 0,9W/m2K	1+2b	3 Liste	4a Kom DLX4.8CN	4b Kom DLX5.7CN	4c Kom NLU11KTK.1	4d Kom NLU13KTK.1	4e Kom NLU15KTK.1
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Vægge	W	37	31	37	37	31	37	37	37	37	37	37
Glasdør	W	35	35	30	23	23	35	35	35	35	35	35
Kuldebro	W	18	18	18	18	18	16,5	18	18	18	18	18
Luftskifte	W	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3
Lys	W	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Total fordampbelastning	W	143,5	137,7	138,2	131,2	125,3	141,7	143,5	143,5	143,5	143,5	143,5
Effektforbrug		Original	1 Væg	2a Dør 1,2W/m2K	2b Dør 0,9W/m2K	1+2b	3 Liste	4a Kom DLX4.8CN	4b Kom DLX5.7CN	4c Kom NLU11KTK.1	4d Kom NLU13KTK.1	4e Kom NLU15KTK.1
Kompressor	W	72,0	69,1	69,3	65,8	62,9	71,1	50,3	51,8	50,4	50,3	50,8
Udv. Ventilator	W	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Power supply udv. Ventilator	W	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Styring	W	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Lys med power supply	W	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
Total Forbrug	W	104,7	101,7	102,0	98,5	95,5	103,7	82,9	84,4	83,0	82,9	83,4
	kWh	2,51	2,44	2,45	2,36	2,29	2,49	1,99	2,03	1,99	1,99	2,00
Besparelse	%	-	2,86	2,61	5,96	8,78	0,93	20,80	19,40	20,68	20,83	20,34

Tabel 8: Resultaterne af beregningerne ved $T_{ind}=0^{\circ}C$ og $T_{ud}=25^{\circ}C$; $T_{ford}=-12^{\circ}C$ $T_{kond}=35^{\circ}C$

Af tabel 4 kan man se at luftinfiltrationen har et stort indvirkning på energiforbruget. Da der er en vis usikkerhed med beregningens validitet sammenlignes beregningerne med de målte værdier hvor flaskekøleren kører nat- og dag-drift. Under natdrift er dørene lukket og lyset i kabinet er slukket. Under dagdrift åbnes dørene og lyset i kabinet er tændt. Resultaterne ses i tabel forneden.

Kuldebelastning		Normaldrift	Natdrift	Dagdrift
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2
Vægge	W	37	37	37
Glasdør	W	35	35	35
Kuldebrot	W	18	18	18
Luftskifte	W	32,3	0	64,5
Lys	W	12,8	0	25,6
Total fordampersbelastning	W	143,5	98,4	188,6
Effektforbrug		Normaldrift	Natdrift	Dagdrift
Kompressor	W	72,0	49,4	94,6
Udv. Ventilator	W	3,3	3,3	3,3
Indv. Ventilator	W	8,2	8,2	8,2
Power supply udv. Ventilator	W	2,6	2,6	2,6
Styring	W	2,8	2,8	2,8
Lys med power supply	W	15,8	0,4	31,3
Total Forbrug	W	104,7	66,6	142,8
	kWh	2,51	1,60	3,43

Tabel 5: Beregnede værdier for normal-, nat- og dag-drift.

Af tabel 5 kan man se at døråbninger og lys har en stor indvirkning på energiforbruget. Kigger man på de målte værdier ses der samme tendens, se tabel 6.

ENERGIFORBRUG [Wh]				
	Normal drift		Nat drift	Dag drift
Måleresultater	2713	2687	1776	3576
Beregningsresultater	2513		1600	3426

Tabel 6: Målt og beregnet energiforbrug ved normal-, nat- og dag-drift.

Sammenligner man energiforbruget ved nat- og dagdrift med energiforbrug ved normaldrift kan man i beregningerne observere en variation på +/-36% i forhold til normaldrift (2513 +/-36%). Målingerne viser en variation på cirka +/-33% (2700 +/-33%).

Opsummering

Ovenstående analyser viser at man kan reducere energiforbruget med godt 20% ved skift til en mere effektiv kompressor fra SECOP. For at nå målet på 30% ser det dog ud til at man skal se på andre tiltag som f.eks. øge vægge tykkelser, reducere glasdørens U-værdi samt mindske effekten af kuldebro. Det er parameter der påvirker i betydelig grad flaskekølerens energiforbrug.

Beregninger og målingerne viser også at luftinfiltrationen samt lys indfald har en stor betydning på flaskekølerens energiforbrug. Det er dog parametre som er svære at gøre noget ved.

Appendiks D: Test af prototype 1

Testrapporten af den første prototype fylder 29 sider, og de vigtigste resultater er gengivet i hovedrapporten.

Selve testrapporten kan rekvireres ved henvendelse til Teknologisk Institut.

APPLICATION ANALYSIS

7-1605003X

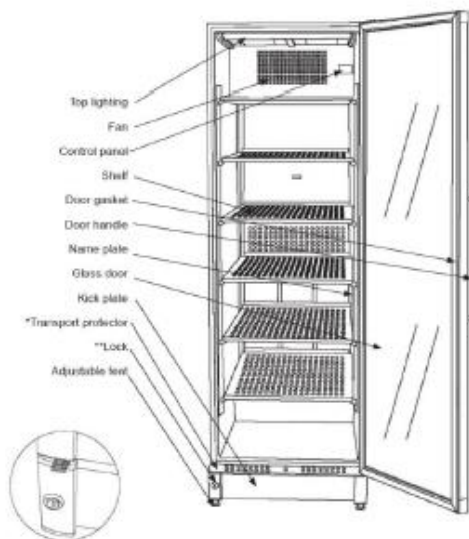
Application Back Office DES

Lab. measurement of bottle cooler: M200 / Vestfrost

A M200 bottle cooler was modified by Vestfrost in order to reduce energy consumption significantly. SECOP created a prototype compressor (NLU13MK) to use a top efficiency compressor matching perfectly to the required cooling demand of the cabinet.

Cabinet measurements showed that the efficiency targets are not met with the present setup.

Target of this measurement is to check if the prototype compressor works like it should (cooling capacity, optimization point, technical failure...).



Report by: Olaf Puschmann / SECOP Application

Secop, October 18th, 2016

7-1605003X

Analysis report: Vestfrost M200

Actions:

- Inspection of cabinet (preparation by Vestfrost)
- Check project targets (EUDP), previous test results and test specification
- Apply sensors to cabinet (keep Vestfrost sensors where they are)
- Run reference measurement without pressure sensors
- Apply pressure sensors and repeat measurement
- Check cabinet performance at $T_{\text{ambient}}=25^{\circ}\text{C}$ without load:
pull down, thermostat operation, continuous operation
- Compare operation conditions of compressor with its optimization area

Results:

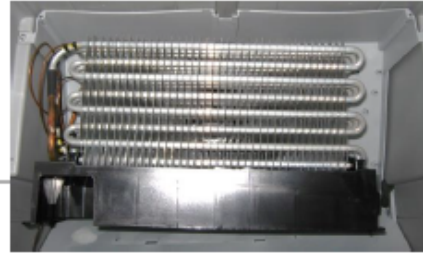
- Compressor characteristic is not perfect for this cabinet: The NLU13MK prototype is optimized for operation at evaporation pressures of -5°C to 0°C . At $T_{\text{amb}}=25^{\circ}\text{C}$ the M200 operates at evaporation pressure of -12°C .
- Balancing of cooling circuit components (capillary size, refrigerant charge, compressor, heat exchangers) is OK for medium ambient temperatures. But operation at low load (e.g. low ambient temperatures) may lead to operation without superheating (refr. charge too high).

Conclusion / recommendation:

- Capillary tube is too long and charge too high, at the same time superheating is too low... => Improvement of evaporator function is the most needed modification to improve efficiency of the cabinet (then compressor selection will match again...).
- Optimization without modification of evaporator: reduction of refrigerant charge will lower condensing pressure and improve efficiency a little (pull down speed will go down a little).
- Power consumption of heat exchanger fans could be reduced easily (costs).

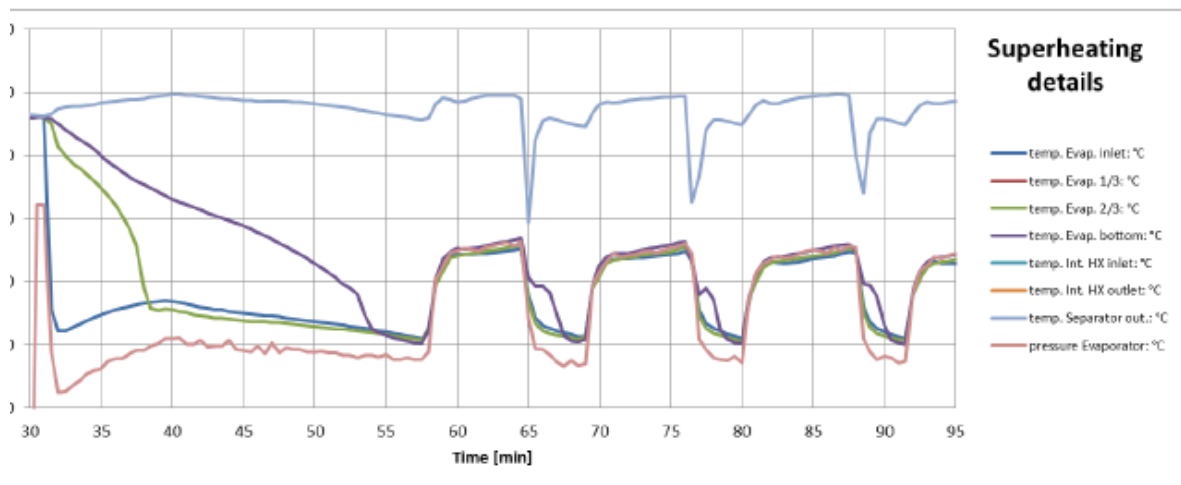
7-1605003X

Analysis report: Vestfrost M200



Evaporator:

- Superheating is on good low level when operating at medium ambient temperature. But low load operation leads to zero superheat and ice building on suction tube.
- Filling of evaporator with liquid refrigerant is quite slow. Shorter capillary tube or lower diameter of evaporator tube could improve this. As superheat is already at the limit – shorter capillary tube is no option without modification of the evaporator.
- Evaporation pressure is on very low level. This makes a lot of sense when a LBP compressor (with maximum evaporation pressure of -10°C) was used. The NLU13MK is allowed to operate up to $p_{\text{evap}}=10^{\circ}\text{C}$ continuously. With this compressor the evaporation pressure could be increased by 5-7K without any risk (\Rightarrow evaporator must be modified to transfer the same heat with lower temperature difference).
- Recommended modification of evaporator: more fins, smaller tube diameter

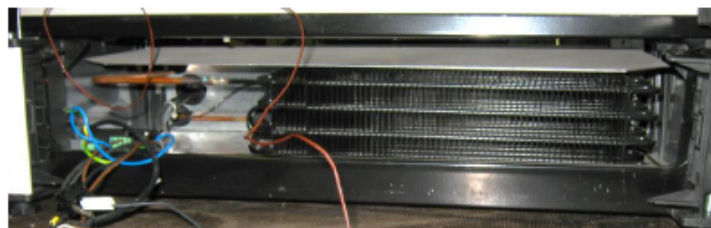
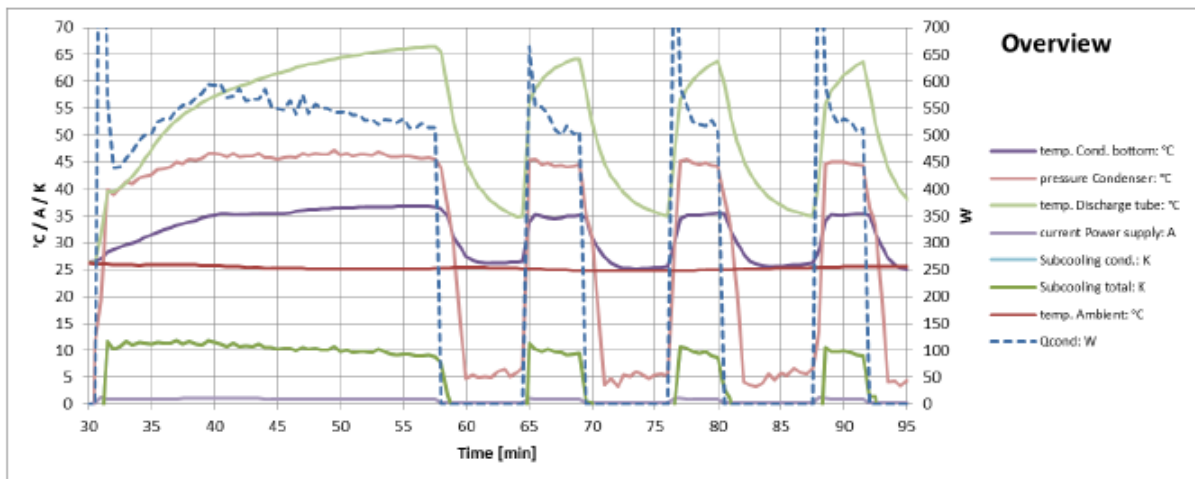


7-1605003X

Analysis report: Vestfrost M200

Condenser:

- Condensing pressure of $p_{cond}=45^{\circ}\text{C}$ is high for a ambient temperature of 25°C .
- Subcooling is roughly 10K during operation at $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$, this is much more than needed. Reduction of refrigerant charge would reduce subcooling and would lower also condensing pressure. At the same time cooling performance would go down a little – which will only be visible during pull down.
- Performance of the condenser can't be evaluated while superheating is so high.
- Recommendation: lower refrigerant charge down to subcooling of 2 to 3K.

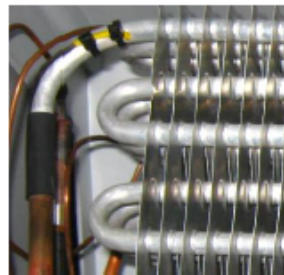
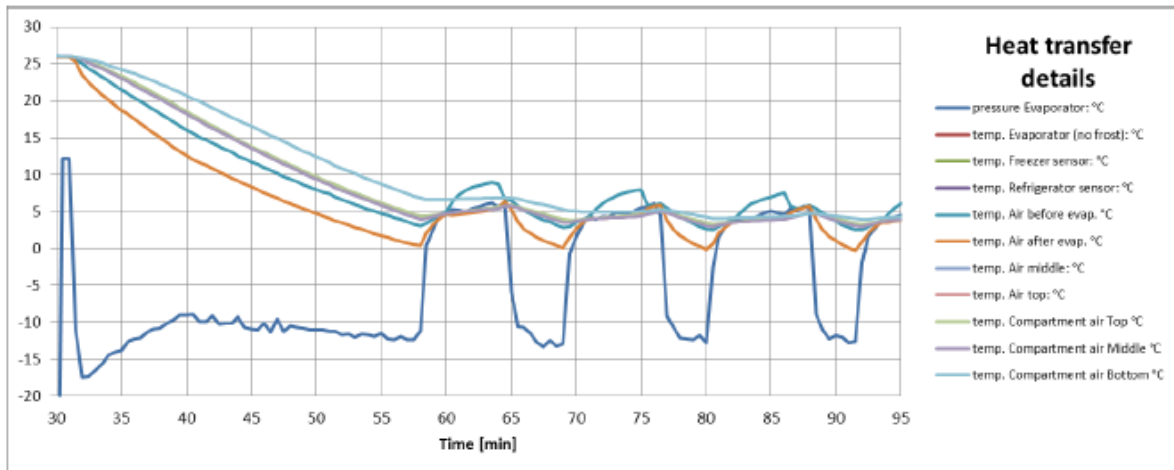


7-1605003X

Analysis report: Vestfrost M200

Heat transfer air > evaporator:

- Temperature drop between evaporation pressure (-12°C) and air temperature (4°C) is the most important lever to improve energy efficiency of this cabinet.
- Lower temperature drop will be realized with a better specific performance of the air > fin heat transfer.
- Having a more powerful evaporator allows to use a shorter capillary tube (=> lower pressure difference between low and high pressure side and lower energy consumption).
- Recommendation: use an evaporator with more narrow spacing of the fins (then general design of the evaporator doesn't need to change).



7-1605003X

Analysis report: Vestfrost M200

Non compressor power consumption:

- Power consumption condenser fan: 10,7W
- Power consumption evaporator fan: 14,5W
- Power consumption light total: 24,9W
- Power consumption application controller: 3,5W
- Power consumption of evaporator fan and lights hurt twice as they use energy and they heat up the cooling box.
- Recommendation: On the market fans with very low power consumption are available – maybe improvement is possible (best fans in household refrigerators have power consumption of less than 1W).





TEST REPORT

Brand & model
Vestfrost M200 Carlsberg

Report no.
300-KLAB-17-157

Date
19th April 2018

Final Report

Energy & Climate
Refrigeration & Heat Pump Technology



TEST Reg. No. 300



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

Gregersensvej
P.O. Box 141
DK-2630 Taastrup
Tel.: +45 7220 2000
Fax: +45 7220 2019

info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

TEST REPORT

Enclosures: 3
Contract no. I17-09

Claimant	Contact person: Per Henrik Pedersen Company: Teknologisk Institut Address: Gregersensvej 1 Town: 2630 Taastrup Tel.: +45 7220 2513 Fax: E-mail: prp@teknologisk.dk
Item	Brand: Vestfrost Model: M200 Carlsberg Type of appliance: Commercial refrigerator (bottle cooler) Reception/date: 14.06.2017 Test/date: 20.06.2017 – 21.06.2017

Remarks

Terms Accredited testing was carried out in compliance with the current guidelines laid down by DANAK (Danish Laboratory Accreditation Scheme), please see www.danak.dk and in compliance with DTI's General Terms and Conditions Regarding Commissioned Work Accepted by the Danish Technological Institute (DTI), February 2013. The test results apply to the tested samples only. This test report may be reproduced in extracts only if the laboratory has approved the extract in writing.

Signature/Test performed by

Hans Walløe
Senior Consultant

René Christiansen
Consultant



0. TABLE OF CONTENTS

- 0. TABLE OF CONTENTS
- 1. TEST PROGRAM
- 2. EQUIPMENT
- 3. METHOD
- 4. RESULTS
 - 4.1 Test 1 - Energy consumption - EN23953:2015
 - 4.2 Test 2 - Energy consumption - EN16902:2016 without EMD, light ON/OFF
 - 4.3 Test 3 - Energy consumption - EN16902:2016 without EMD, light ON
 - 4.4 Test 4 - Energy consumption - EN16902:2016 with EMD
 - 4.5 Test 4 - Recovery time after standby mode
- 5. REFERENCES

ENCLOSURE 1: Photos - type plate & compressor

ENCLOSURE 2: Photos - appliance in test

ENCLOSURE 3: Storage plans



1. TEST PROGRAM

This test report comprises results from the following tests accredited by DANAK:

- Test 1:** Energy consumption test according to EN 23953, ref (1-5). Appliance loaded with standard test packages. Door opened ten times per hour every time for a total of 15 seconds for 12 hours followed by 12 hours without door openings. The light is on in the same period as the door is opened. Energy consumption tests are performed at ambient temperature 25 °C, 60 % RH consisting with test room climate class 3. Operating temperatures are in accordance with temperature class M2, with a range from -1°C to +7°C. Settings as delivered except for SP changed to 2,5°C.
- Test 2:** Energy consumption test without EMD according to EN 16902, ref 6. Appliance loaded with cans. No door openings. Energy consumption tests are performed at ambient temperature 25 °C, 60 % RH consisting with test room CC 1. Operating temperatures are in accordance with temperature class K1, with a range from -1°C to +7°C. Settings as delivered except for SP changed to 2,5°C. Light ON/OFF 12h/12h.
- Test 3:** Energy consumption test without EMD according to EN 16902, ref 6. Appliance loaded with cans. No door openings. Energy consumption tests are performed at ambient temperature 25 °C, 60 % RH consisting with test room CC 1. Operating temperatures are in accordance with temperature class K1, with a range from -1°C to +7°C. Settings as delivered except for SP changed to 2,5°C. Light ON 24h.
- Test 4:** Energy consumption test with EMD according to EN 16902, ref 6. Appliance loaded with cans. No door openings. Energy consumption tests are performed at ambient temperature 25 °C, 60 % RH consisting with test room CC 1. Operating temperatures are in accordance with temperature class K1, with a range from -1°C to +7°C. Settings as delivered except for SP changed to 2,5°C.
- Test 5:** Recovery time after stand-by mode in test 3

2. EQUIPMENT

The information is given by application to the laboratory.

3. METHOD

The accredited tests were carried out according to ref (1-7)



4. RESULTS

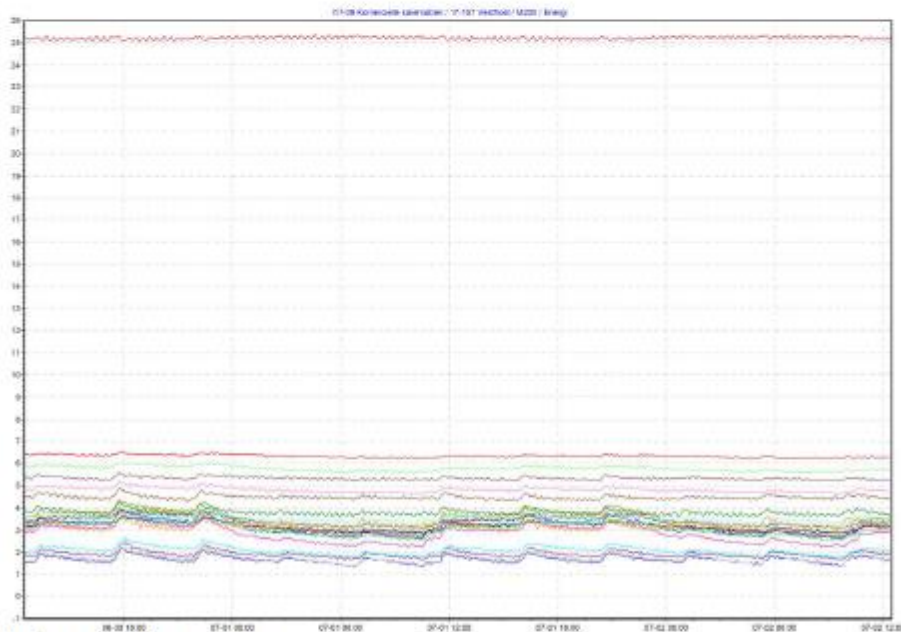
The test results solely apply to the tested appliance(s).

Test 1 – Energy consumption EN 23953, without EMD

Test conditions:

- Temperature class M2, -1°C to +7°C
- Climate class 3, 25°C and 60% RH
- All settings as default when delivered except SP changed to 2,5°C.
- Light on during daytime (12 hours door opening period.)
- Standard test packages, door opening (ref 1-5), 15 seconds every 6 minute

Test 1	Test results	Requirement	Meets requirement
Highest temperature of warmest M-package, Θ_{ah} / Measure point no. [°C]	6,5 / A23 no. 14	$\leq +7$	Yes
Lowest temperature of coldest M-package, Θ_b / Measure point no. [°C]	1,3 / A24no. 13	≥ -1	Yes
Average mean temperature of all M-packages, Θ_{mc} [°C]	3,5	-	-
Energy consumption, TEC [kWh/24h]	1,75	-	-



Ambient and package temperatures.



Power consumption, ambient temperature, package temperatures and relative humidity.



Test 2 Energy consumption test without EMD according to EN 16902

Test conditions:

- Temperature class K1, -1°C to +7°C
- Climate class, CC 3, 25°C and 60% RH.
- All settings as default when delivered except SP changed to 2,5°C
- Packed with cans
- Light ON/OFF 12h/12h

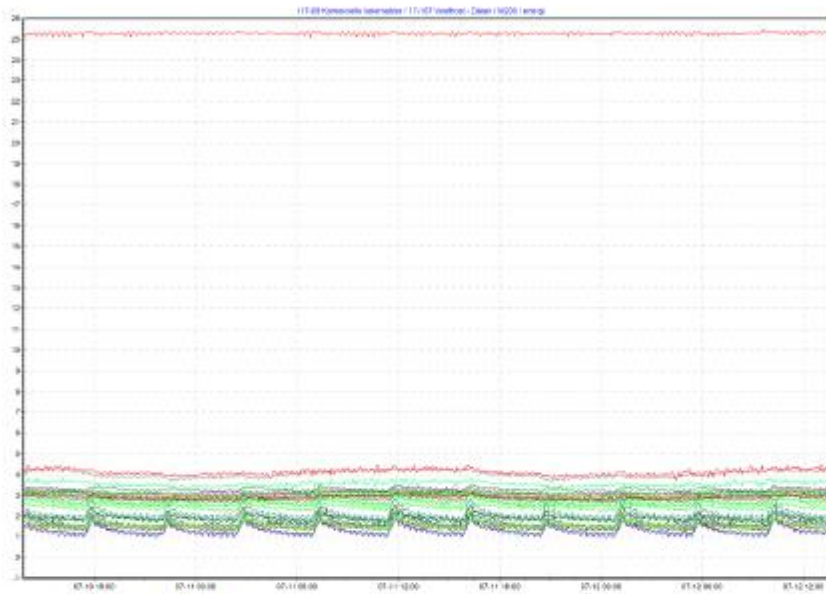
Volume	Test results	Declared by manufacturer	Deviation %	Requirement	Meets requirement
Net volume, refrigerator [litres]	382	379	0,8	≥ -3 %	Yes

Temperature test	Test results	Requirement	Meets requirement
Temperature class K1			
Thermostat setting:	2,5 °C		
Highest temperature of warmest M-can, Θ_{sh} [°C]	+4,5	≤ +7	Yes
Lowest temperature of coldest M-Can, Θ_b [°C]	+0,9	≥ 0	Yes
Average mean temperature of all M-packages, Θ_{mc} [°C]	+2,6	≤ +3,5	Yes

Electrical energy consumption test	Test results	Declared by manufacturer	Deviation %	Requirement	Meets requirement
Thermostat setting:	2,5 °C				
Energy consumption, E24h [kWh/24h]	1,369	Not declared		< 10%	
Energy consumption, AEC [kWh/year]	499,7	-	-	-	-
Calculated EEI (ref 7)	22,9	-	-	-	-
Calculated Energy class (ref 7)	A	-	-	-	-

The uncertainty is 1% for the non-rounded values.

Electrical energy consumption test, calculations of EEI	Symbol	Value	Unit	Calculations
Thermostat setting:		+2,5 °C		
Energy consumption	E24h	1,369	kWh/24h	-
Net volume	V	382	Litre	-
M coefficient for vertical chilled	M	1,0	-	-
N coefficient for vertical chilled	N	0,013	-	-
Annual Energy Consumption,	AEC	499,7	kWh/year	$AEC = E_{24h} * 365$
Standard Annual Energy Consumption	SAEC	2177,59	kWh/year	$SAEC = (M+N*V)*365 = (1,0+0,013*382)*365$
Calculated EEI (ref 7)	%	22,9	-	$EEI = (AEC/SAEC)*100$



Ambient and can temperatures.



All temperatures and power.



Test 3 Energy consumption test without EMD according to EN 16902

Test conditions:

- Temperature class K1, -1°C to +7°C
- Climate class, CC 3, 25°C and 60% RH
- All settings as default when delivered except SP changed to 2,5°C
- Packed with cans
- Light ON 24h

Volume	Test results	Declared by manufacturer	Deviation %	Requirement	Meets requirement
Net volume, refrigerator [litres]	382	379	0,8	≥ -3 %	Yes

Temperature test Temperature class K1	Test results	Requirement	Meets requirement
Thermostat setting: 2,5 °C			
Highest temperature of warmest M-can, Θ_{th} [°C]	+4,5	$\leq +7$	Yes
Lowest temperature of coldest M-Can, Θ_b [°C]	+0,9	≥ 0	Yes
Average mean temperature of all M-packages, Θ_{mc} [°C]	+2,7	$\leq +3,5$	Yes

Electrical energy consumption test	Test results	Declared by manufacturer	Deviation %	Requirement	Meets requirement
Thermostat setting: 2,5 °C					
Energy consumption, E24h [kWh/24h]	1,717	Not declared		< 10%	
Energy consumption, AEC [kWh/year]	626,7	-	-	-	-
Calculated EEI (ref 7)	28,8	-	-	-	-
Calculated Energy class (ref 7)	A	-	-	-	-

The uncertainty is 1% for the non-rounded values.

Electrical energy consumption test, calculations of EEI	Symbol	Value	Unit	Calculations
Thermostat setting: +2,5 °C				
Energy consumption	E24h	1,717	kWh/24h	-
Net volume	V	382	Litre	-
M coefficient for vertical chilled	M	1,0	-	-
N coefficient for vertical chilled	N	0,013	-	-
Annual Energy Consumption,	AEC	626,7	kWh/year	$AEC = E_{24h} * 365$
Standard Annual Energy Consumption	SAEC	2177,59	kWh/year	$SAEC = (M+N*V)*365 = (1,0+0,013*382)*365$
Calculated EEI (ref 7)	%	28,8	-	$EEI = (AEC/SAEC)*100$



Ambient and can temperatures.



All temperatures and power.



Test 4 Energy consumption test with EMD according to EN 16902

Test conditions:

- Temperature class K1, -1°C to +7°C
- Climate class, CC 3, 25°C and 60% RH.
- All settings as default when delivered except SP changed to 2,5°C
- Temperature during stand-by SSP set to 5,5°C
- Packed with cans
- Light ON 12h during active mode OFF 12h during stand-by mode

Volume	Test results	Declared by manufacturer	Deviation %	Requirement	Meets requirement
Net volume, refrigerator [litres]	382	379	0,8	≥ -3 %	Yes

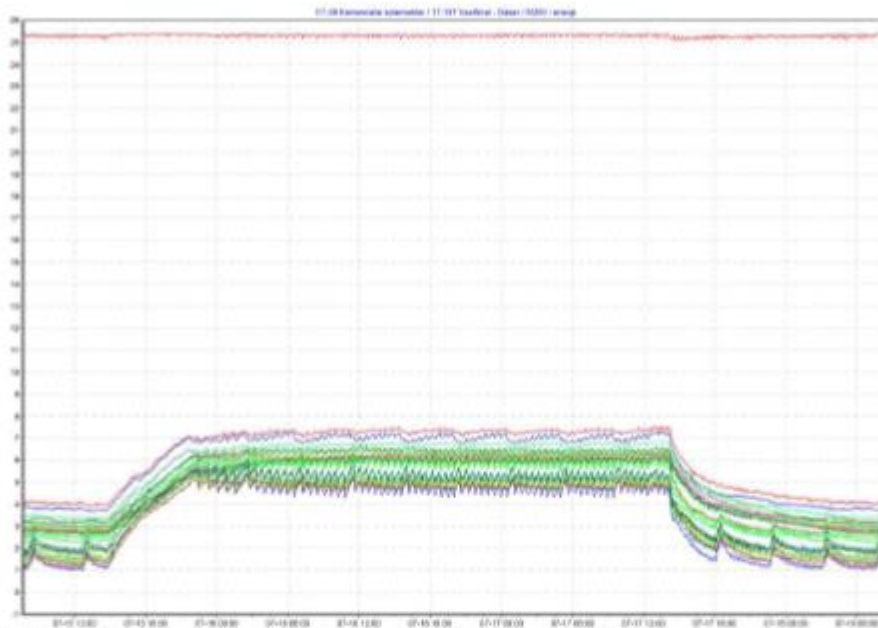
Temperature test	Test results	Requirement	Meets requirement
Temperature class K1			
Thermostat setting:	2,5 °C		
Highest temperature of warmest M-can, Θ_{ah} [°C]	+4,5	≤ +7	Yes
Lowest temperature of coldest M-Can, Θ_b [°C]	+0,9	≥ 0	Yes
Average mean temperature of all M-packages, Θ_{mc} [°C]	+2,7	≤ +3,5	Yes

Temperatures measured during active mode

Electrical energy consumption test	Test results	Declared by manufacturer	Deviation %	Requirement	Meets requirement
Thermostat setting:	2,5 °C				
Energy consumption, E24h [kWh/24h]	1,253	Not declared		< 10%	
Energy consumption, AEC [kWh/year]	457,3	-	-	-	-
Calculated EEI (ref 7)	21,0	-	-	-	-
Calculated Energy class (ref 7)	A	-	-	-	-

The uncertainty is 1% for the non-rounded values.

Electrical energy consumption test, calculations of EEI	Symbol	Value	Unit	Calculations
Thermostat setting:		+2,5 °C		
Energy consumption	E24h	1,253	kWh/24h	-
Net volume	V	382	Litre	-
M coefficient for vertical chilled	M	1,0	-	-
N coefficient for vertical chilled	N	0,013	-	-
Annual Energy Consumption,	AEC	457,3	kWh/year	$AEC = E_{24h} * 365$
Standard Annual Energy Consumption	SAEC	2177,59	kWh/year	$SAEC = (M+N*V)*365 = (1,0+0,013*382)*365$
Calculated EEI (ref 7)	%	21,0	-	$EEI = (AEC/SAEC)*100$



Ambient and can temperatures during active mode – Stand-by mode and recovery.



All temperatures and power.



Test 5 Recovery after stand-by mode

Test conditions:

- Temperature class K1, -1°C to +7°C
- Climate class, CC 3, 25°C and 60% RH.
- All settings as default when delivered except SP changed to 2,5°C
- Temperature during stand-by SSP set to 5,5°C
- Packed with cans
- Light OFF

Temperature test	Test results		Requirement	Meets requirement
Temperature class K1				
Thermostat setting: SP=2,5°C, SPP=5,5				
Time after start of recovery [hh:min]	00:00	03:10		
Highest temperature of warmest M-can, Θ_{ah} [°C]	+7,5	+5,1	$\leq +7$	Yes
Lowest temperature of coldest M-Can, Θ_b [°C]	+4,3	+1,6	≥ 0	Yes
Average mean temperature of all M-packages, Θ_{mc} [°C]	+5,8	+3,5	$\leq +3,5$	Yes

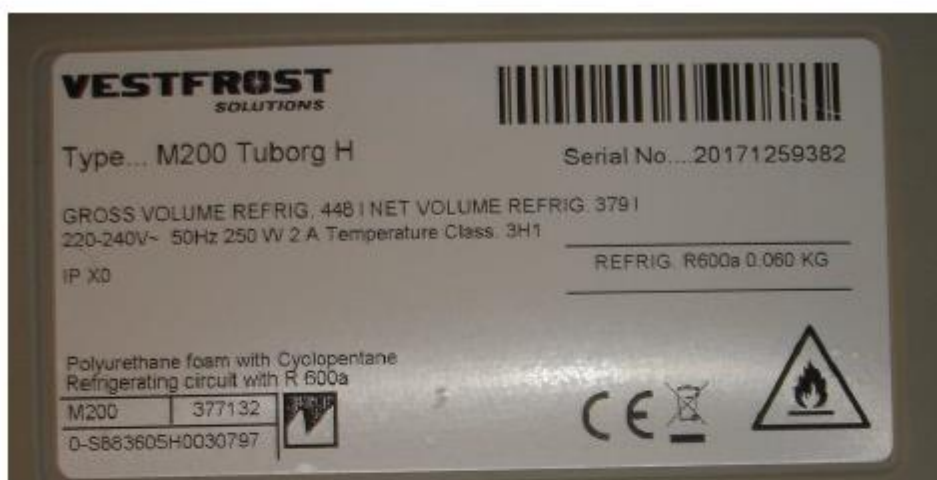


5. REFERENCES

1. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-1, October 2005
"Refrigerated display cabinets – Part 1: Vocabulary".
2. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-1:2005/A1, February 2012
"Refrigerated display cabinets – Part 1: Vocabulary – Amendment 1
3. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-2, October 2005
"Refrigerated display cabinets – Part 2: Classification, requirements and test conditions".
4. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953-2:2005/A1, February 2012
"Refrigerated display cabinets – Part 2: Classification, requirements and test conditions – Amendment 1
5. EUROPEAN STANDARD EN ISO 23953:2016,
"Refrigerated display cabinets
6. EUROPEAN STANDARD EN 16902:2016
Commercial beverage coolers.
7. Ecodesign draft regulation for refrigerated commercial display cabinets (as prepared for consultation forum meeting on 2 July 2014



ENCLOSURE 1








ENCLOSURE 2

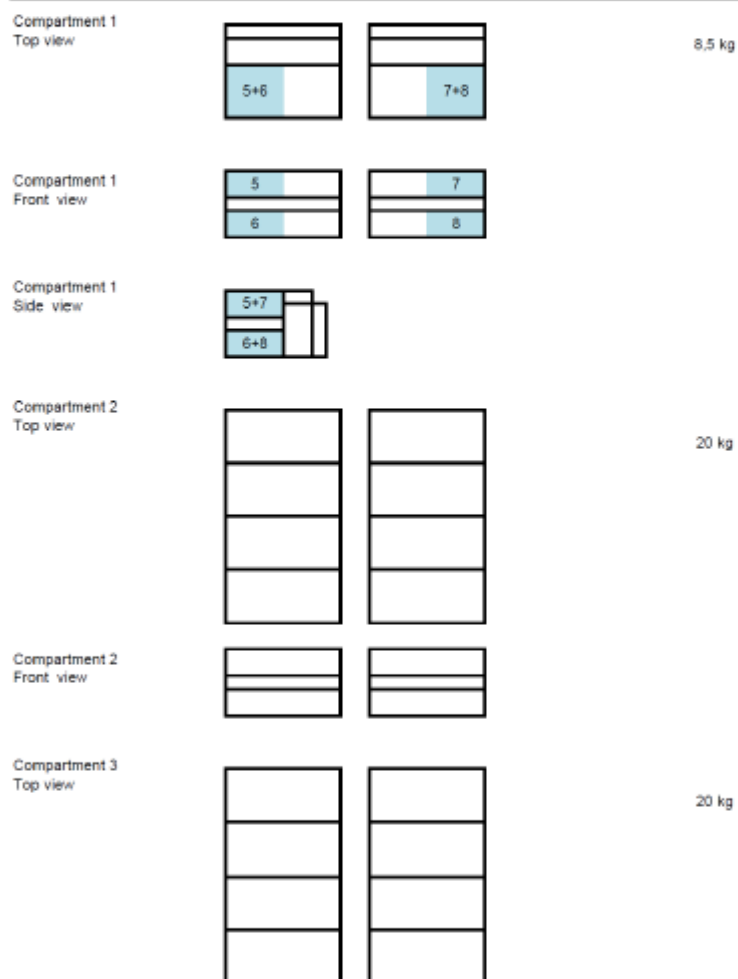





ENCLOSURE 3

Storage plan, EN23953

No.: D5.05		 DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
Edition: 9		
Made by: LBK		
Laboratory: KLAB-T		
Date: 16-04-2012		
Vestfrost M200	Storage plan - energy consumption	KLAB- 16-100
Compartment 1-7: Loaded to the edge of the shelf		
Total load: 121 kg	Anvil 7 	Anvil 18 



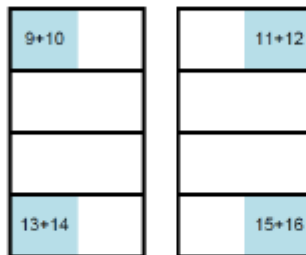


No.: D5.05		 DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
Edition: 9		
Made by: LBK		
Laboratory: KLAB-T		
Date: 16-04-2012		
Vestfrost M200	Storage plan - energy consumption	KLAB- 16-100
Compartment 1-7: Loaded to the edge of the shelf		

Compartment 3
Front view



Compartment 4
Top view

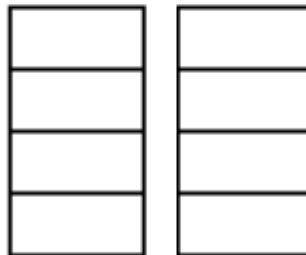


20 kg

Compartment 4
Front view



Compartment 5
Top view




20 kg

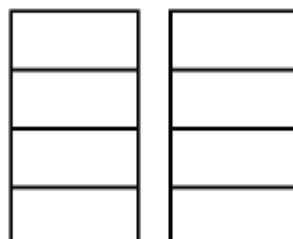
Compartment 5
Front view





No.: D5,05 Edition: 9 Made by: LBK Laboratory: KLAB-T Date: 16-04-2012		 DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
Vestfrost M200	Storage plan - energy consumption	KLAB- 16-100
Compartment 1-7: Loaded to the edge of the shelf		

Compartment 6
Top view



20 kg

Compartment 6
Front view



Compartment 7
Top view

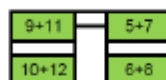


12,5 kg

Compartment 7
Front view

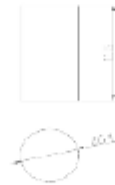
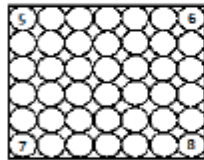
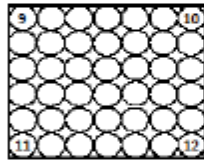
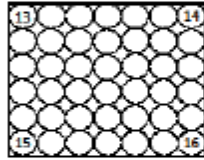
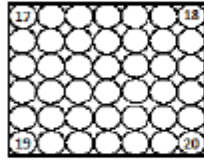
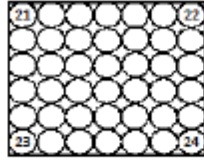


Compartment 7
Side view





Storage plan EN 16902



Can 33 d. - 115x64mm
The cans are in two layers

Fieldtest af Vestfrost-flaskekølere

Formål

I samarbejde mellem Energistyrelsen (EUDP), Carlsberg, Teknologisk Institut, SECOP og A/S Vestfrost er der igangsat et projekt, der har til formål at fremtidssikre dansk produktion af energieffektive flaskekølere. Det forventes, at energibesparelsen på de nye flaskekølere vil være ca. 30%. Dette vil gøre disse skabe til de mest energivenlige flaskekølere i EU. Endvidere benyttes et naturligt kølemiddel.

Hvad måles

På køleskabet er installeret måleudstyr, som skal fremskaffe måleresultater. I løbet af den 5 måneder lange testperiode vil Teknologisk Institut tilse skabet ca. 4 gange for at aflæse måleresultater.

Praktiske oplysninger

Placering af skabet kræver en frihøjde på 222 cm i højden (evt. 212 cm), 60 cm i bredden samt 65 cm i dybden. For at få brugbare målinger er det væsentligt, at flaskekøleren er tilsluttet døgnet rundt. Måleudstyret forventes ikke at medføre gener for brugerne.

Spørgsmål

Såfremt der måtte være spørgsmål i løbet af testperioden, kan følgende personer hos Vestfrost kontaktes:

Bent Christensen 21413323
Christian Due 24693752

Hos Teknologisk Institut kan man kontakte:
Per Henrik Pedersen 72202513

Tid

Opstilling efter aftale.



Appendiks H: Testrapport fra field-test:

Flaskekølere Fieldtest (EUDP-projekt)

Delrapport nr. 1

I nærværende notat vil fieldtesten af Vestfrosts M200 flaskekølerne blive gennemgået, dette inkluderer, metoden, resultaterne samt en analyse heraf. Flaskekølerne har er opstillet med måleudstyr på række lokationer og har været aflæst i perioden til 22/9 – 9/11.

I alt er 10 flaskekølere blevet opstillet, hvoraf 6 er test emner og de resterende 4 er reference kølere der er af foregående model. Ydermere skal det nævnes at testkølerne indeholder produkter fra Carlsberg produkter og referencekølerne indeholder Coca Colas produkter.

Flaskekølerne har været fordelt således i de følgende butikker.

- 5 flaskekølere (3 test + 2 ref.) i Bilka, Slagelse.
- 2 flaskekølere (1 test +1 ref.) Meny, Valby
- 3 flaskekølere (2 test + 1 ref.) Føtex, Brønshøj



Figur 5 Opstilling af flaskekølere i Bilka

Der har anvendt to typer af måleudstyr, Tinytag og en måleboks. Tinytags muliggør logningen temperaturen inde i hver flaskekøler samt omgivelsestemperaturen. Derudover har hver flaskekøler været udstyret med en måleboks der har registreret følgende.

- Antal driftstimer [h]
- Samlede energiforbrug [kWh]
- Kompressoren samlede driftstid [h]
- Antallet af kompressor tændinger [-]
- Samlet antal timer med åben dør [h]
- Antallet af døråbninger [-]

Nedenfor kan vises det respektive måleudstyr, samt deres placering. Oven på hver flaskekøler er der placeret en måleboks og en tinytag. På undersiden af den midterste hylde er der stripset en tinytag fast for at logge den indre temperatur.



Figur 6 Måleboks og Tinytag placeret oven på hver flaskekøler



Figur 7 Tinytag stripset til undersiden af midterste hylde

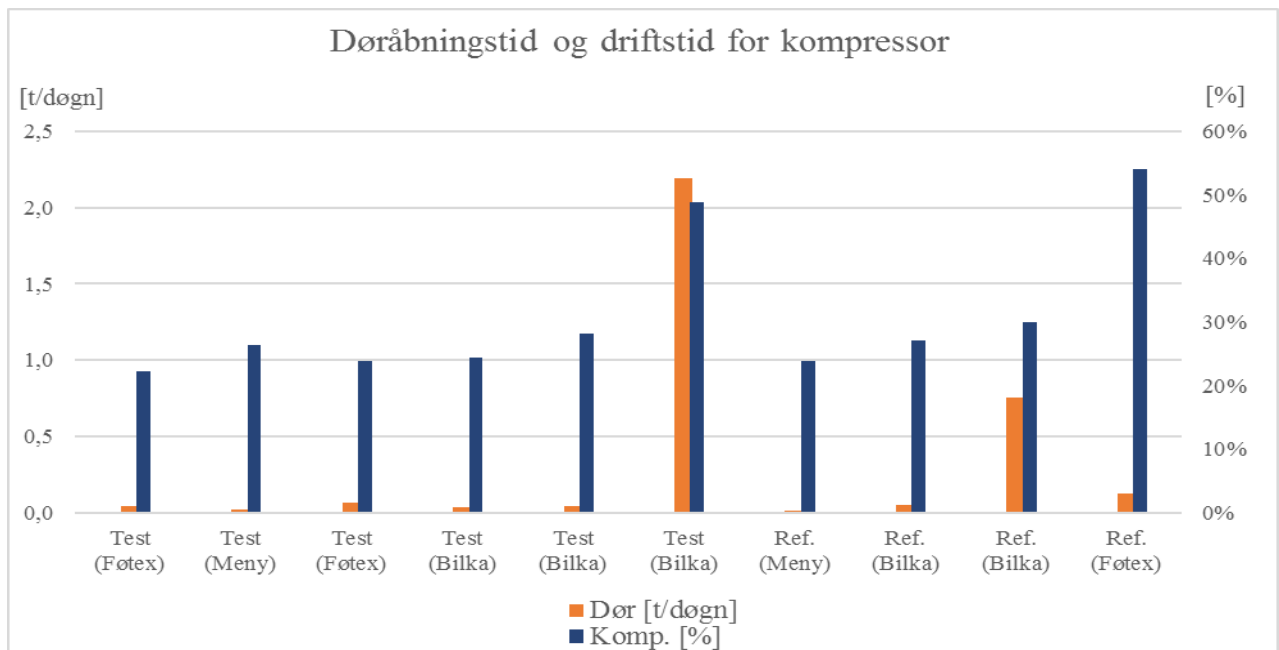
Tabel 9 viser dag gennemsnittet for samtlige flaskekølere imellem opsætning og deres respektive første aflæsninger. I tabellen kan de sidste tre cifre i deres serienummer ses. Derudover ses det samlede antal timer dørene har været åbne per dag. Her er der især én flaskekøler der skiller sig ud og det er testkøleren opstillet i Bilka (336). Dens samlede døråbningstid er flere faktorer større, vel og mærket uden at tilsvarende at have flere døråbninger per dag. Dette kunne indikere at den enten ikke har været lukket korrekt, i et enkeltstående tilfælde, eller at selve enheden har en produktionsfejl. Dette vil blive undersøgt nærmere under næste aflæsning. Antallet af døråbninger viser tydeligt, at ikke alle flaskekølerne bliver anvendt i samme omfang, og dette giver en usikkerhed i forhold til at, vurdere de individuelle køleres energiforbrug. Denne usikkerhed forstærkes yderligere af at de indeholder to forskellige typer af produkter. Derfor vil analysen ikke gå i dybden med hver enkelt flaskekøler, men i stedet undersøge de overordnede tendenser for henholdsvis test flaskekølerne og reference kølerne.

Tabel 9 Gennemsnitlige antal målinger per dag *(SN = Serienummer)

Forbrug per dag	SN	Dør	Dør	Komp.	Komp. cyc.	Komp.	Energi
Type		[t/døgn]	[åbninger/døgn]	[t/døgn]	[antal/døgn]	[%]	[kWh/døgn]
Test (Føtex)	339	0,04	15	5,33	50	22%	1,23
Test (Meny)	341	0,03	2	6,35	38	26%	1,31
Test (Føtex)	332	0,07	16	5,71	49	24%	1,38
Test (Bilka)	338	0,04	11	5,86	49	24%	1,45
Test (Bilka)	337	0,04	16	6,78	49	28%	1,49
Test (Bilka)	336	2,19	19	11,71	53	49%	2,21
Ref. (Meny)	345	0,01	6	5,72	56	24%	1,85
Ref. (Bilka)	342	0,05	16	6,50	74	27%	2,08
Ref. (Bilka)	344	0,75	29	7,21	62	30%	2,28
Ref. (Føtex)	343	0,13	20	12,96	58	54%	3,37

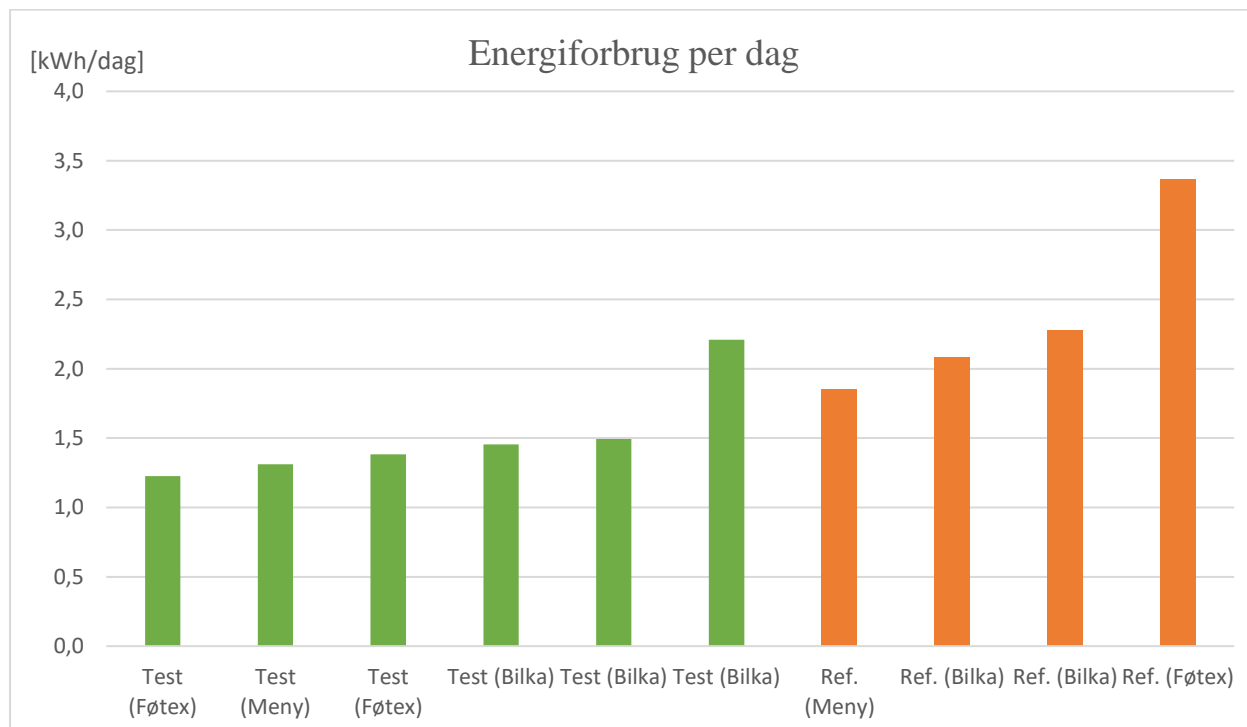
Foruden det konstante varmetab, der vil foregå til omgivelserne, vil de primære kølebehov komme fra påfyldning af nye produkter, samt døråbning i forbindelse med kundekøb. Figur 8 viser den totale tid per dag, som døren står åben, samt kompressorernes daglige drift i procent. Disse målinger kan have flere årsager, men de to elementer vil uanset årsag resultere i et øget energiforbrug. Denne graf illustrerer

derfor i kombination med Figur 9 sammenhængen imellem de flaskekølere med højeste døråbningstid og antal af åbninger tilsvarende har højeste energiforbrug.



Figur 8 Anvendelsesmønstre for flaskekølerne (Per døgn)

Figur 9 viser flaskekølernes daglige energiforbrug, hvor de grønne søjler er test-kølerne og de orange søjler er reference-kølerne. Plottet viser overordnet set, at testemnerne forbruger mindre end referencekølerne. På nær to kølere (336 & 343) er forbruget rimeligt ensartet for de to typer.



Figur 9 Daglige energiforbrug for flaskekølerne

Tabel 10 viser de gennemsnitlige værdier for henholdsvis test og referencekølerne, samt den procentuelle forskel imellem de to. Det generelle billede viser at testkølerne bliver anvendt i mindre grad, og ser man bort fra flaskekøler med SN 336 ligger den gennemsnitlige døråbningstid faktisk 81% under referencekølerne. Det, i kombination med 27% færre døråbninger medvirker til et lavere energiforbrug, det er derfor på nuværende tidspunkt ikke muligt at entydigt tilskrive det lavere energiforbrug de effektiviseringsiltag, der har været foretaget ud fra disse målinger.

Tabel 10 Gennemsnitsværdier for hhv. Test og referencekølere (middel over et døgn)

Gennemsnitsværdier	Dør	Dør	Komp. Cyc	Komp.	Energi
	[t/døgn]	[åbninger/døgn]	[antal/døgn]	[antal/døgn]	[kWh/døgn]
Test	0,40	13,08	48	29%	1,51
Reference	0,23	17,89	63	34%	2,39
Forhold*	71%	-27%	-23%	-14%	-37%

*Forskel i forhold til referencekølerne

Da to af flaskekølerne forbruger markant mere end deres respektive kølere, er der i Tabel 11 udregnet gennemsnittet og gennemsnittet uden de to flaskekølere med højeste energiforbrug (336 & 343). Tabellen viser at de to kølere øger gennemsnittet for begge typer af kølere, men mest for referencekølerne. Grunden til deres højere forbrug vil blive undersøgt og et vil blive vurderet på et senere tidspunkt hvorvidt disse bør udelades fra fieldtestens resultater.

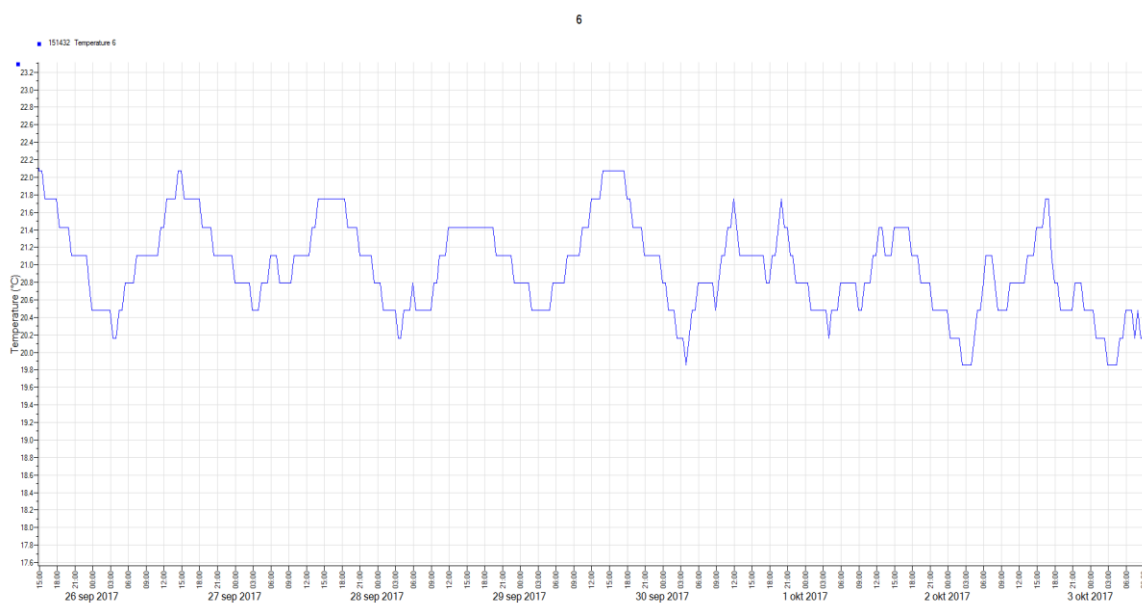
Tabel 11 Middel, median og gennemsnit uden de 336 og 343

kWh/døgn	Gennemsnit	Gennemsnit (uden 336 & 343)
Middel Test	1,51	1,37
Middel Ref.	2,39	2,07
Forskel	-37%	-34%

Temperaturlogger

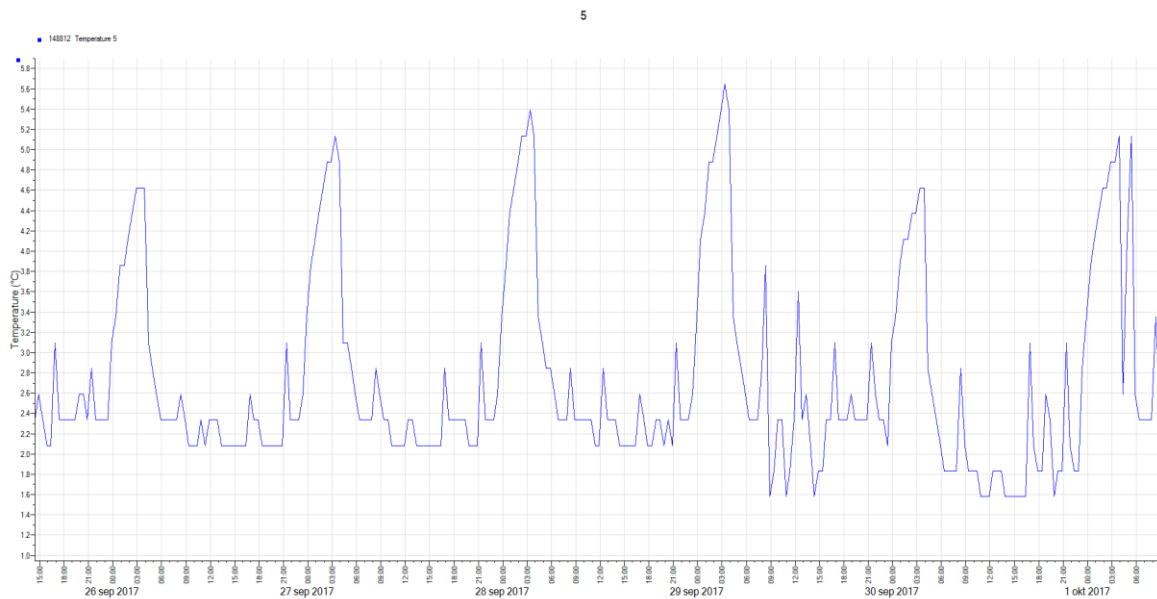
Alle flaskekølerne har som tidligere benævnt været udstyret med to temperaturloggere, en midt i køleren og en på toppen. Formålet med logningen af de to temperaturer var at sikre at de alle enheder operere under ensartede betingelser og i tilfælde af større variationer at kunne inkludere dette i analysen. Overordnet set har alle flaskekølerne ligget i temperaturspændet 17-23 °C i omgivelsestemperatur med en middelværdi på 20°C og en temperatur i skabet mellem 1-5 °C med en middeltemperatur på 2,5 °C.

Forneden ses på Figur 3: Omgivelsestemperaturen på SN 337 (Test Bilka) ses det typiske temperaturforløb på samtlige flaskekølere. I dette tilfælde er det testemnet med serienummeret 337, der er placeret i Bilka. Grafen viser, at der holdes en temmelig kontinuerlig temperatur i varehuset.



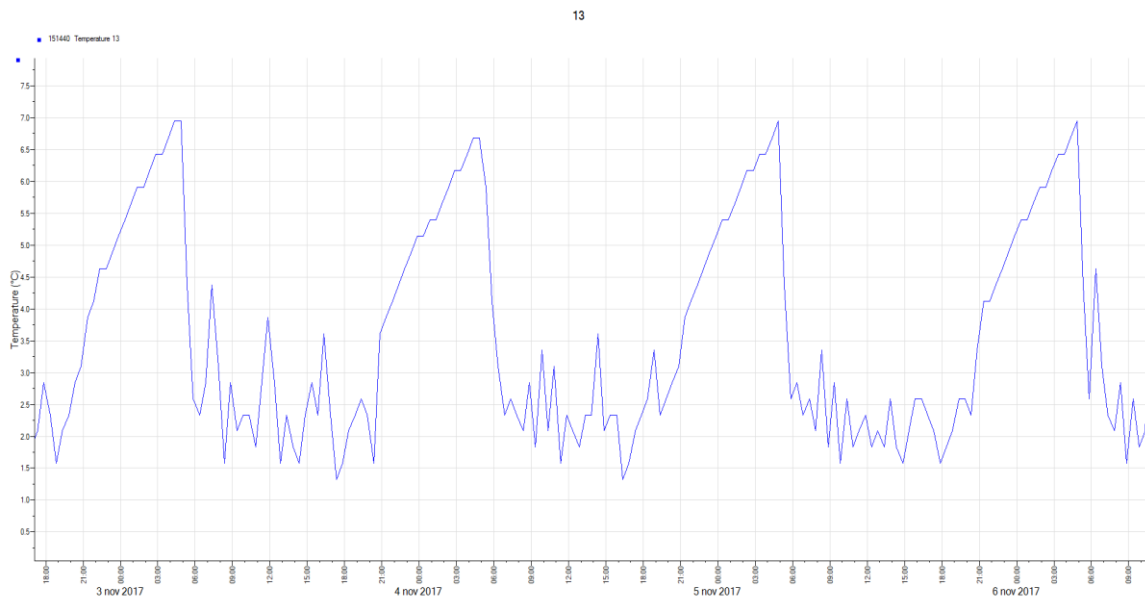
Figur 10 Omgivelsestemperaturen på SN 337 (Test Bilka) Temperaturniveauet er nogenlunde konstant, man ser en mindre døgnvariation.)

Figur 11 afbilder temperaturforløbet inde i testemnet placeret i Bilka. Det ses tydeligt at temperaturforløbet har en periodisk profil, hvor EMS-styringen lader temperaturen i skabet stige henover natten op til 5°C og først tilfører produkterne køling inden åbningen af varehuset. Det er en adaptiv styring der dæmper lys og ventilation, samt lader temperaturen stige under stille perioder.



Figur 11 Temperatur forløbet inde I SN 337 (Test Bilka; Åben 06-24)

Bilka i Slagelse har åben mellem 06:00 og 24:00 og dette er grunden til den relativt korte periode, hvori temperaturen i flaskekølerne stiger grundet EMS-styringen. Undersøger man derimod temperaturloggeren fra testemnet SN 341, der er placeret i Meny, der har en kortere åbningstid (08-20), bliver fordelene af denne type styring endnu mere udtalt. På Figur ses det tydeligt at temperaturen når ca. 7 °C op til to grader varmere end i Bilka, ydermere foregår det over en længere periode.



Figur 12 Temperatur forløbet inde I SN 341 (Test Meny; Åben 08-20)

Denne fieldtest påviser en forskel i energiforbruget imellem test og referencekølerne. Det er dog ikke muligt at entydigt konkludere at, denne forskel skyldes de energimæssige tiltag, da der ydermere også er en forskel i antal og varighed af døråbningerne. Der er endnu ikke indsamlet nok data til at korrigere for denne forskel i forbrugsmønstret, men det vil blive analyseret yderligere i takt med fieldtesten skrider frem.

2. Delrapport

Anden aflæsning har været foretaget for samtlige 3 butikker den 1. december. Denne aflæsning medvirker til dels at verificere de tidligere data, samt at øge den statistiske sikkerhed for denne fieldtest. Derudover, har der været foretaget en kontrol af SN 336, der har haft et disproportionalt højt antal døråbningstimer.

I den forbindelse skal det nævnes, at der er en temperaturlogger placeret inde i flaskekøler SN 336, har været fjernet imellem aflæsninger. En ny temperaturlogger vil blive monteret under næste aflæsning.



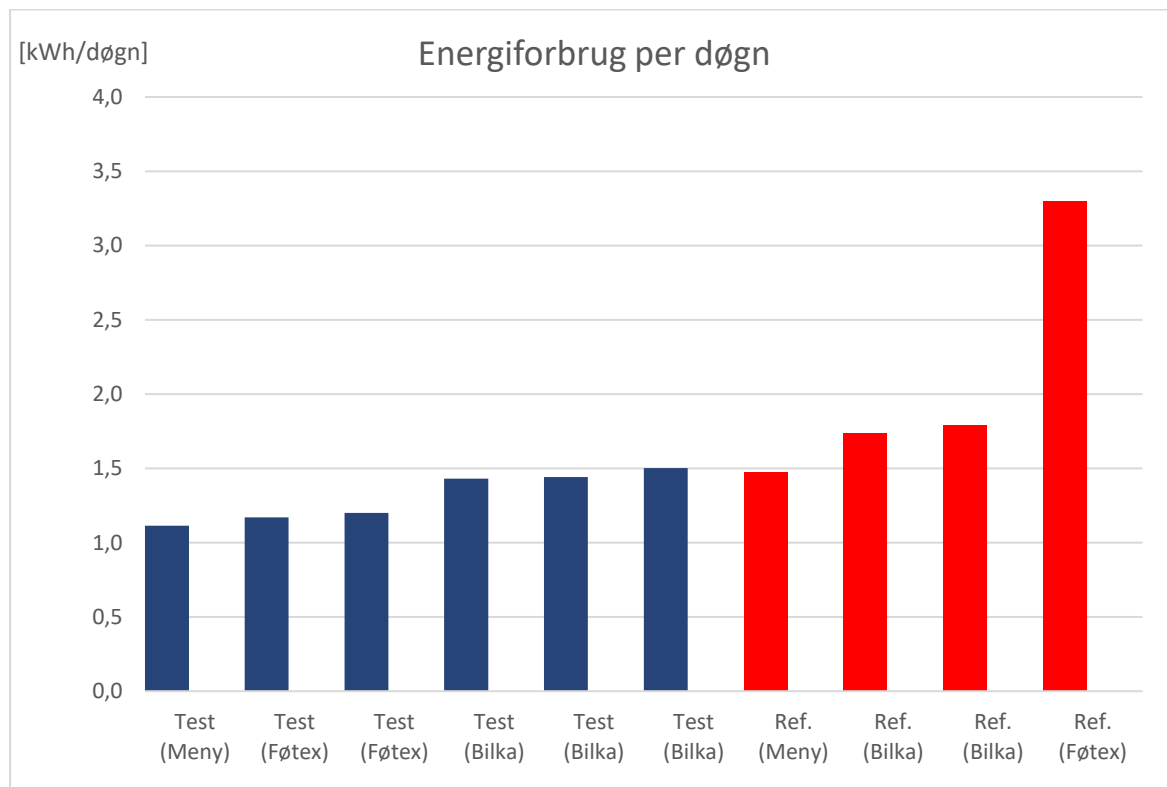
Figur 13 Testkølere placeret i Føtex Brønshøj

Tabel 12 viser samtlige flaskekøleres målinger per døgn. I de to kolonner umiddelbart efter deres respektive serienumre, kan deres døråbningstid samt antallet af åbninger per dag aflæses. Den samlede døråbningstid per døgn ligger for de fleste flaskekølere omkring 0,045 t/døgn med undtagelse af SN 341 & 332. Ligeledes ses det at der er stor variation i antallet af åbninger per døgn, referencekølerne bliver dog åbnet hyppigere end testkølerne. Antallet af kompressorcykluser per dag varierer fra 41-65, hvoraf testkølemøblerne startes færrest gange i døgnnet, men deres samlede tid i drift er dog forholdsvis ens.

Tabel 12 Gennemsnitlige antal målinger per dag *(SN = Serienummer) 2.aflæsning

Per dag (2. aflæs.)	SN	Dør	Dør	Komp. cyc.	Komp.	Drift.	Energi
Type		[t/døgn]	[-]	[-]	[t/døgn]	[%]	[kWh]
Test (Meny)	341	0,005	2	41	5,1	21%	1,11
Test (Føtex)	332	0,161	15	44	4,9	20%	1,17
Test (Føtex)	339	0,032	11	52	5,2	22%	1,20
Test (Bilka)	336	0,057	12	59	5,8	24%	1,43
Test (Bilka)	337	0,044	10	43	6,2	26%	1,44
Test (Bilka)	338	0,031	8	45	6,2	26%	1,50
Ref. (Meny)	345	0,014	4	52	4,5	19%	1,48
Ref. (Bilka)	342	0,028	11	64	4,8	20%	1,74
Ref. (Bilka)	344	0,042	21	65	4,8	20%	1,79
Ref. (Føtex)	343	0,059	23	60	12,3	51%	3,30

Figur 14 viser energiforbruget per døgn for hver af de 10 flaskekølere. Set fra venstre er vist de 6 test-flaskekølere sorteret fra mindste til største energiforbrug og ligeledes for de fire reference kølere. Plottet viser i sin tydelighed forskellen imellem test og referencekølerne med hensyn til deres energiforbrug. På nær flaskekøler SN 338 er samtlige testkølere mere energieffektive end den mindst energiforbrugende referencekøler (SN 345).



Figur 14 Energiforbrug per døgn

Tabel 13 viser de gennemsnitlige værdier for henholdsvis test og reference flaskekølerne. Foruden den samlede døråbningstid tegnes der et billede af at test flaskekølerne er mere energieffektive, men at de desuden bliver anvendt mindre hyppigt. Overordnet set er forskellene imellem første og anden aflæsning lille, dog lader det til at begge typer flaskekølere har brugt marginalt mindre, hvilket kan have flere årsager, for eksempel, ekstra påfyldning eller fejlagtig anvendelse imellem opsætning og første aflæsning. Alt i alt er den gennemsnitlige energibesparelse meget lig første aflæsning og ligeledes tegnes der sig et ensartet billede af forbrugsmønstret, samt kompressordriften.

Tabel 13 Gennemsnitsværdier for hhv. Test og referencekølere (middel over et døgn) 2. aflæsning

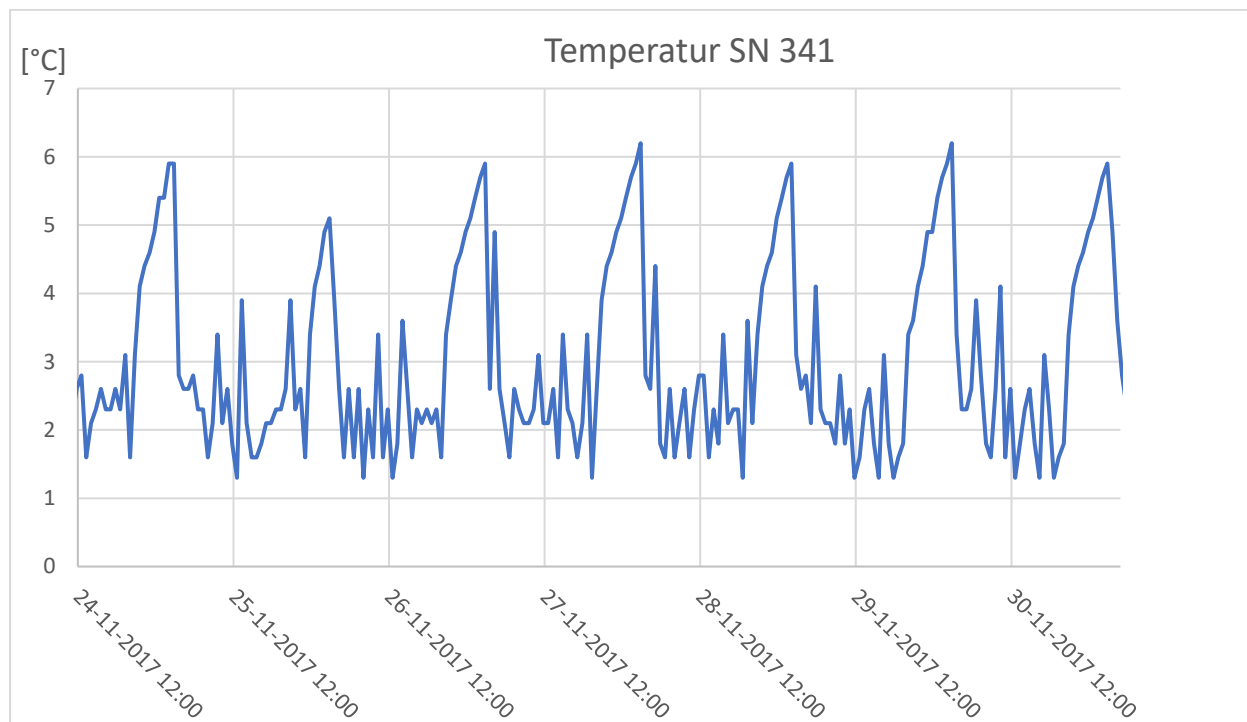
Middel	Dør [h]	Dør [-]	Komp. cyc. [-]	Komp [h]	Komp. [%]	Energi [kWh]
Test	0,0548	9,76	47,24	5,57	23	1,31
Reference	0,0356	14,59	60,08	6,61	28	2,08
Forhold	54%	-33%	-21%	-16%	-16%	-37%

Ses der bort fra SN 343 energiforbrug bliver det gennemsnitlige forhold imellem test og reference kølernes energiforbrug reduceret til -22% i stedet for de -37%, som er benævnt i Tabel 13. Det er endnu

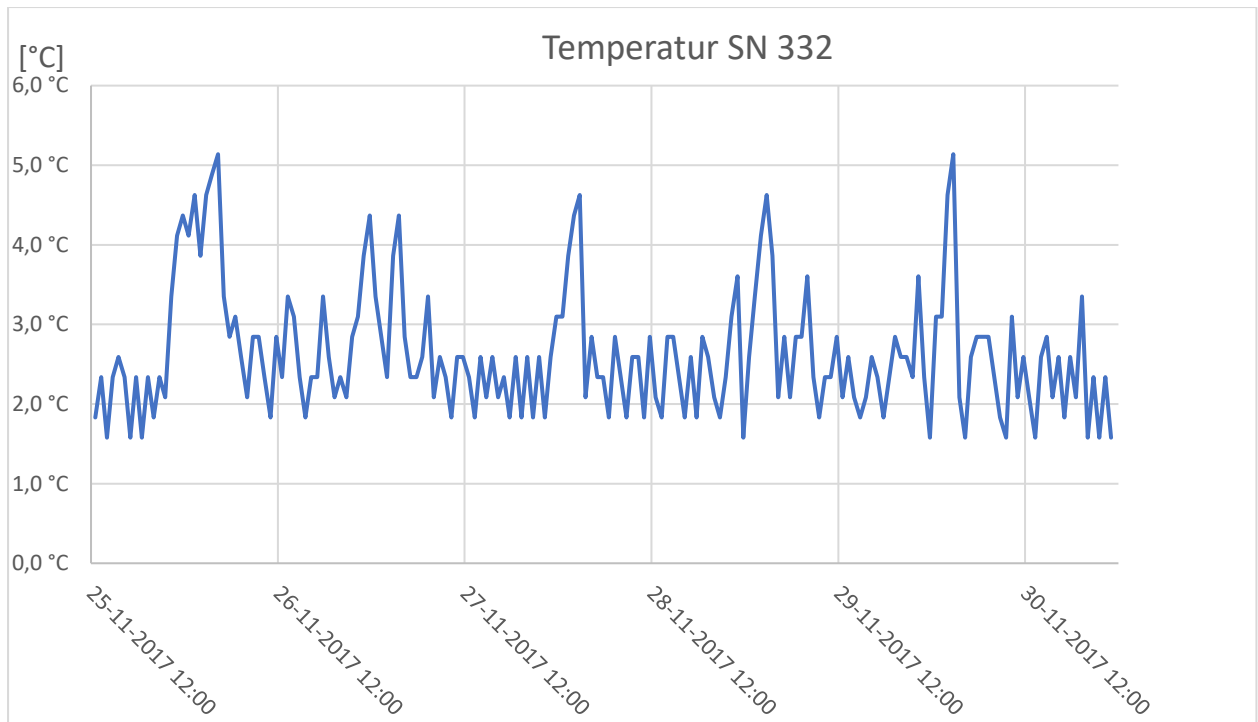
uklart hvad det høje energiforbrug skyldes, det har blandt andet været foreslået fra Vestfrost side at ventilatoren kan være defekt.

Temperaturlogger

Alle flaskekølerne opererer tilnærmelsesvis under samme forhold, en indre temperatur imellem 1-5 °C og en ydre temperatur på 17-23 °C. Den adaptive styring lader også til at operere efter hensigten, dette ses blandt andet på Figur 15 Carlsberg flaskekøler Meny Valby hvor styringens indvirkning på den indre temperatur ses tydeligt. Det er dog ikke alle flaskekølere der på nuværende tidspunkt har en ligeså skarp profil mht. temperaturforløbet imellem nat og dag. Dette afsløres blandt andet på Figur 16, det er tydeligt at styringen endnu ikke er stabiliseret. Dog kan det ses at der forekommer en temperaturforskel imellem nat og dag, men at perioden uden køling er kortere og mere sporadisk. Den adaptive styring vil blive undersøgt nærmere i forbindelse med næste aflæsning, da dette vil give EMS-styringen yderligere tid til at tilrettelægge forbrugsmønstret.



Figur 15 Carlsberg flaskekøler Meny Valby



Figur 16 Carlsberg flaskekøler Føtex Brønshøj

3. Delrapport

Tredje aflæsning har været foretaget for samtlige 3 butikker den 18. januar. Formålet med denne aflæsning har været som de forrige, dels at undersøge forbrugsmønstret, temperaturforhold og energiforbrug af test og referencekølerne under en fieldtest. Derudover vil dette afsnit afdække EMS styringens indvirkning på den indre temperatur i et større omfang end hidtil.



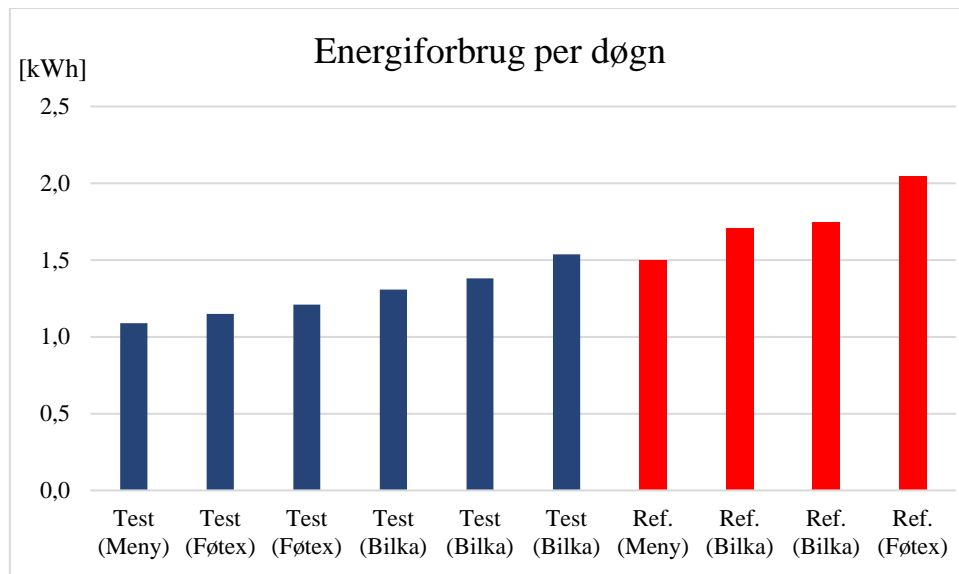
Figur 17 Opstilling af flaskekølere i Bilka

Error! Reference source not found. viser de antallet af døråbninger, den samlede døråbningstid, antal kompressor cyklus, kompressorens tid i drift og hver flaskekølers resulterende energiforbrug. Alle værdier i tabellen er et gennemsnitligt dagligt forbrug siden sidste aflæsning. Tabellen viser endnu engang at test flaskekølerne alle på nær én bruger mindre energi sammenholdt med referencekølerne. Der er stadig stor variation i antallet af døråbninger, samlet åbningstid og antal kompressor cyklus, samt energiforbruget.

Tabel 14 Gennemsnitlige antal målinger per dag *(SN = Serienummer) 3.aflæsning

Per dag (3. aflæs.)	SN	Dør	Dør	Komp. Cyc.	Komp.	Komp.	Energi
Type		[m/døgn]	[-]	[-]	[t/døgn]	[%]	[kWh]
Test (Meny)	341	0,50	1,37	42	5,08	21%	1,1
Test (Føtex)	339	1,77	8,95	49	4,98	21%	1,1
Test (Føtex)	332	9,75	13,59	45	5,31	22%	1,2
Test (Bilka)	337	1,39	8,07	48	5,11	21%	1,3
Test (Bilka)	336	1,76	11,04	61	5,49	23%	1,4
Test (Bilka)	338	9,86	9,32	49	6,97	29%	1,5
Ref. (Meny)	345	0,50	3,88	55	4,53	19%	1,5
Ref. (Bilka)	342	1,14	8,86	63	4,68	19%	1,7
Ref. (Bilka)	344	1,89	14,94	66	4,59	19%	1,7
Ref. (Føtex)	343	2,48	15,71	65	6,41	27%	2,0

Figur 5. Figuren illustrer energiforbruget per døgn for samtlige flaskekølere, de blå barer angiver test flaskekølerne og de røde reference flaskekølerne. Alle på nær én test flaskekølerne forbruger mindre energi sammenlignet med reference kølerne. Denne tendens har været konstant igennem hele fieldtesten.



Figur 18 Energiforbrug per døgn

Error! Reference source not found. viser de gennemsnitlige værdier for test og referencekølerne per døgn, samt den procentuelle forskel imellem dem. Resultaterne er tilsvarende de to foregående aflæsninger, idet at den samlede døråbningstid er signifikant højere for testkølerne, antallet af åbninger er mindre, antallet af kompressor cyklus er mindre og at forskellen i det samlede energiforbrug er ca. 30%.

Tabel 15 Gennemsnitsværdier for hhv. Test og referencekølere (middelt over et døgn) 3. aflæsning

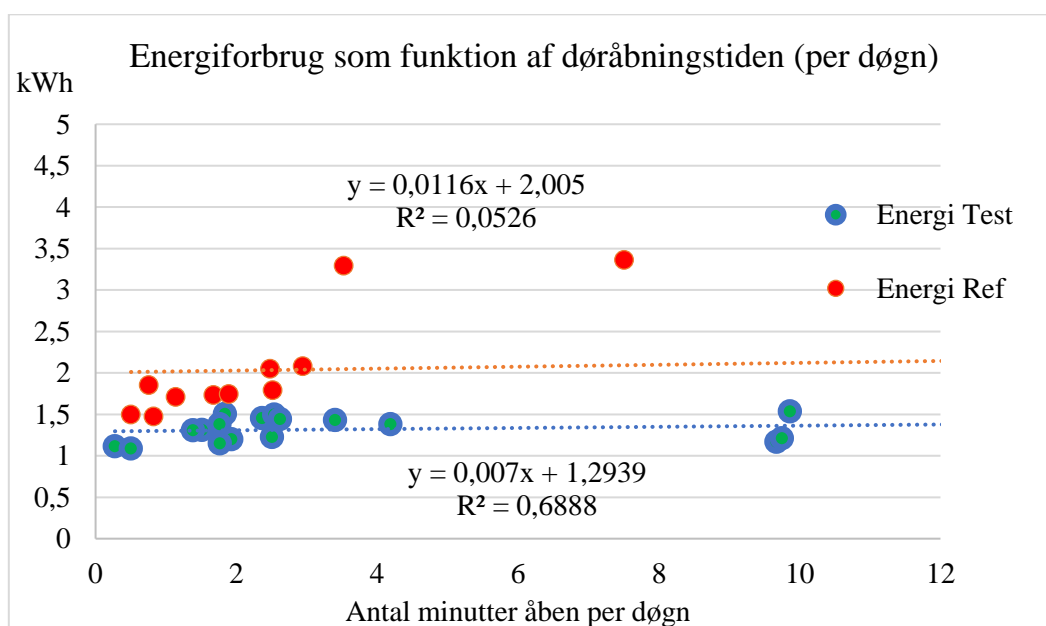
Middel	Dør [h]	Dør [-]	Komp cyc. [-]	Komp. [h]	Komp. [%]	Energi [kWh]
Test	4,17	8,60	48,69	5,19	22	1,23
Reference	1,50	10,85	62,26	5,05	21	1,75
Forhold	178%	-21%	-22%	3%	3%	-30%

Samtlige aflæsninger

Fieldtesten har overordnet set vist at test-flaskekølerne forbruger mindre energi i forhold til referencekølerne. Dog har det også vist sig at forbrugsmønstret har været forskellig imellem test og referencekølerne og med antallet af observation har indtil nu ikke været muligt beregne indflydelsen af de forskellige variable på det samlede energiforbrug. I dette afsnit bliver indflydelsen af forbrugsmønstret og driftsmønstre på det samlede energiforbrug undersøgt.

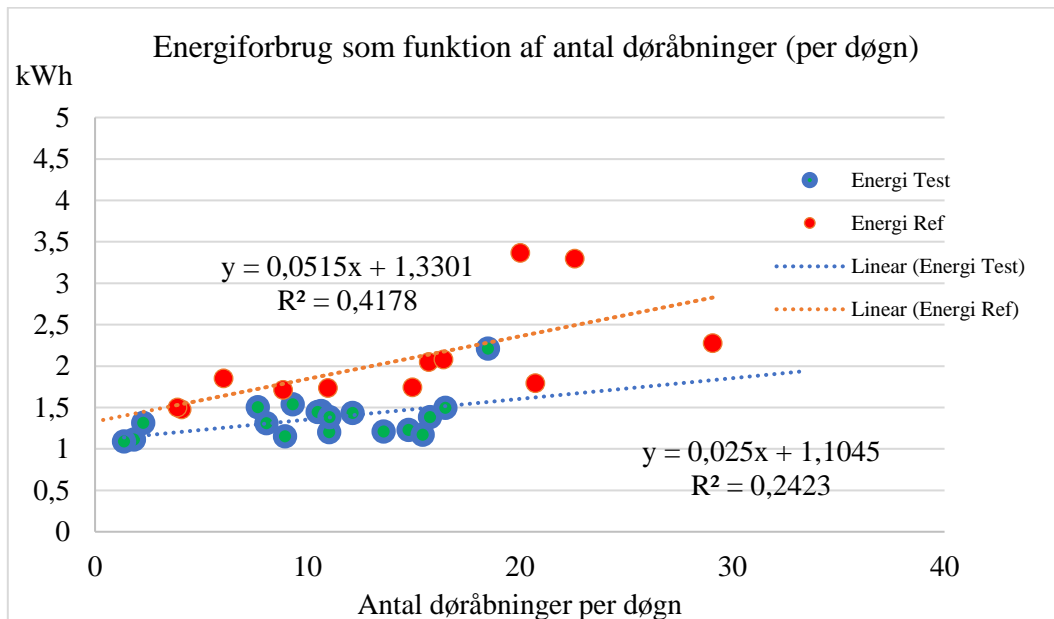
Analysen er foretaget ved at anvende alt indsamlet data for de tre aflæsninger for henholdsvis test og referencekølerne. Dernæst er hver af de fire variables indflydelse blevet analyseret i forhold til energiforbruget, (Antal døråbninger, samlet døråbningstid, antal kompressor cyklus og procentuelle driftstid af kompressor). For hver variabel har der været foretaget en regressions analyse for at undersøge hvorvidt der har været observationer nok til at sammenhængen kunne tilskrives som værende statistisk signifikant, hvilket er tilfældet for alle variable undtagen sammenhængen imellem døråbningstiden og energiforbruget for referencekølerne. Dette kan findes i bilag A, inklusivt øvre og nedre konfidensinterval, p-værdi samt antallet af observationer.

Figur viser energiforbruget som funktion af døråbningstiden for hhv. test og referencekølerne, deres trendlinjer, R kvadreret og linjens ligning. Det er værd at nævne endnu engang at der endnu ikke er observationerne nok til med 95% sikkerhed at sige det er referencekølerens indvirkning på energiforbruget er som beskrevet i grafen. Dertil viser R kvadreret en lav korrelation imellem energiforbrug og døråbningstiden. For testkølerne er korrelationen stærkere dog skal det bemærkes at i begge tilfælde indikeres det, at døråbningstiden kun har en marginal indflydelse på energiforbruget.



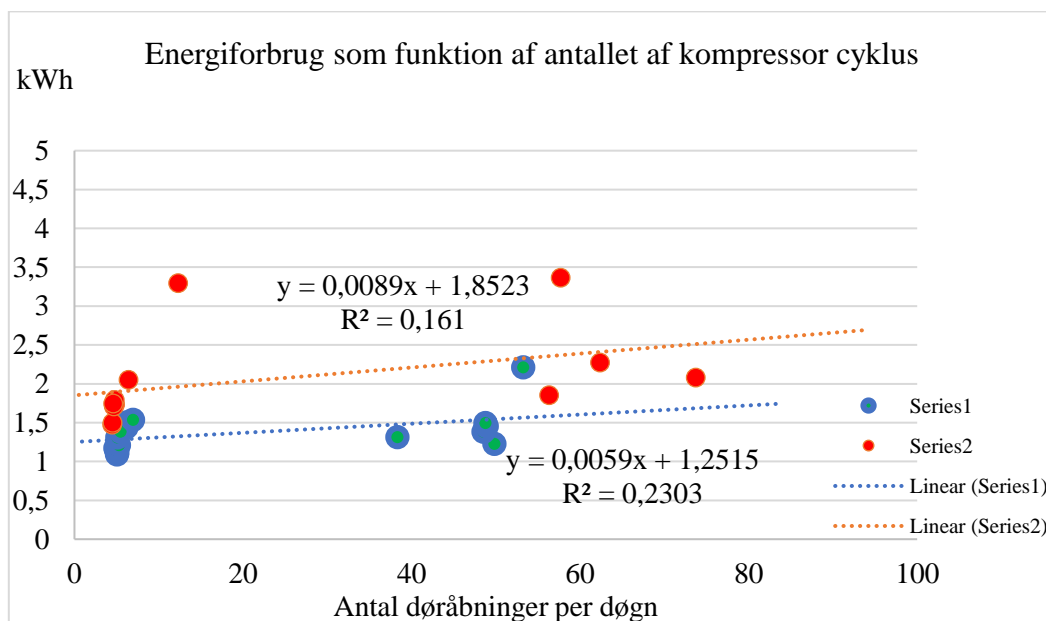
Figur 19 Energiforbrug som funktion af døråbningstiden (per døgn)

Figur viser energiforbruget som funktion af antallet af døråbninger. Grafen illustrerer tydeligt at den energimæssige omkostning af enkelt døråbning er lav; ydermere indikerer forskellen i tendenslinjernes hældninger at energibesparelsen øges, i takt med at antallet af døråbninger stiger.



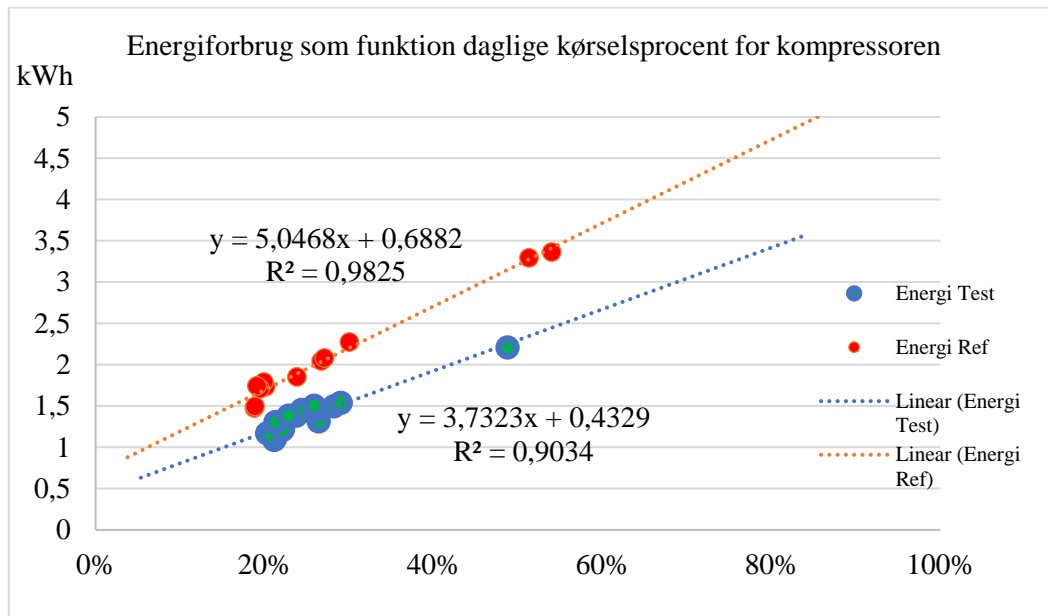
Figur 20 Energiforbrug som funktion af antal åbninger (per døgn)

Figur illustrerer Figur 5 ligeledes en lav korrelation imellem energiforbrug og antallet af kompressor cyklus, men at antallet ikke er uden indflydelse på energiforbruget, blot minimal.



Figur 21 Energiforbrug som funktion af antallet af kompressor cyklus

Figur viser energiforbruget som funktion af kompressoren daglige kørselsprocent. I dette tilfælde ses det at energiforbruget er stærkt korreleret til kompressorens samlede antal timer i drift. Derudover kan det ses, at energiforbruget kan reduceres betragteligt, hvis den samlede driftsprocent holdes nede. Denne variabel er i sig selv ikke uafhængig da kølebehovet og dermed kompressorens drift, er betinget af forbrugsmønstret, opfyldning, omgivelsestemperaturen mm.



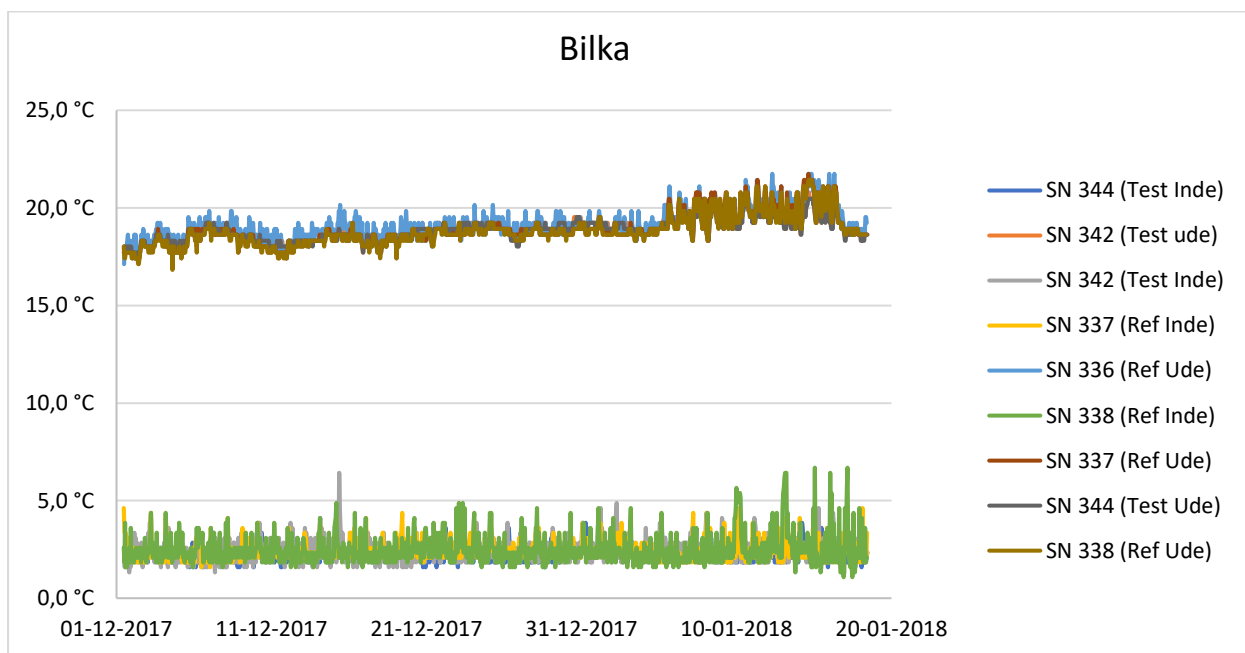
Figur 22 Energiforbrug som funktion daglige kørselsprocent for kompressoren

Grundet det begrænsede antal datapunkter skal denne analyse og fremviste resultater ikke tolkes som værende andet end indikatorer på de beskrevne variables indflydelse af det samlede energiforbrug. Med det for øje, peger analysen dog stadig i retning af at testkølemøblet upåagt af forbrugsmønstret vil være mere energieffektiv i forhold til referencekøleren.

Temperaturlogger

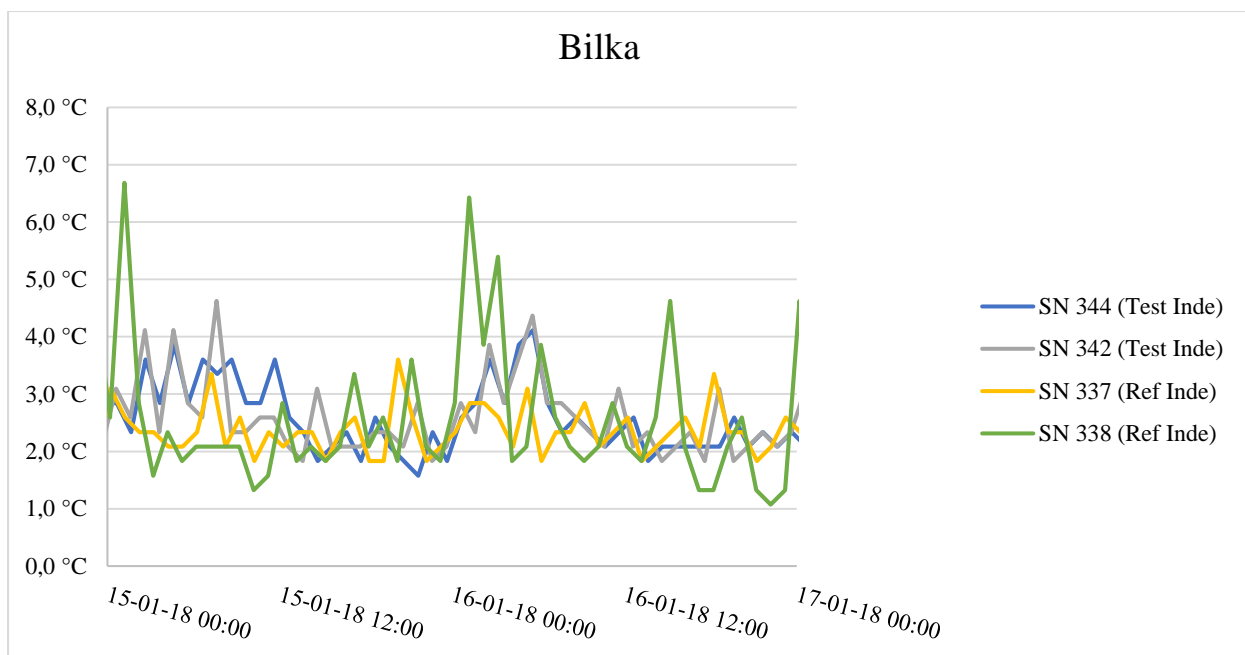
I dette delafsnit vil de målte temperaturer inde flaskekølerne, samt omgivelsestemperaturen blive vist afbilledet for de tre lokationer. Dette gøres for at nærmere kunne undersøge hvilke driftsbetingelser der de opererer under og dels for at give et indblik i EMS styringens indvirkning på den indre temperatur i løbet af hele perioden samt over nogle døgn.

Figur 23 viser samtlige temperatur-logninger i Bilka imellem anden og tredje aflæsning både inde og ude. Grafen viser at omgivelsestemperaturen generelt holdes imellem 17-22°C med et gennemsnit omkring de 19°C. Den indre temperatur svinger fra 1,1-6,7 °C med et gennemsnit på 2,4°C.



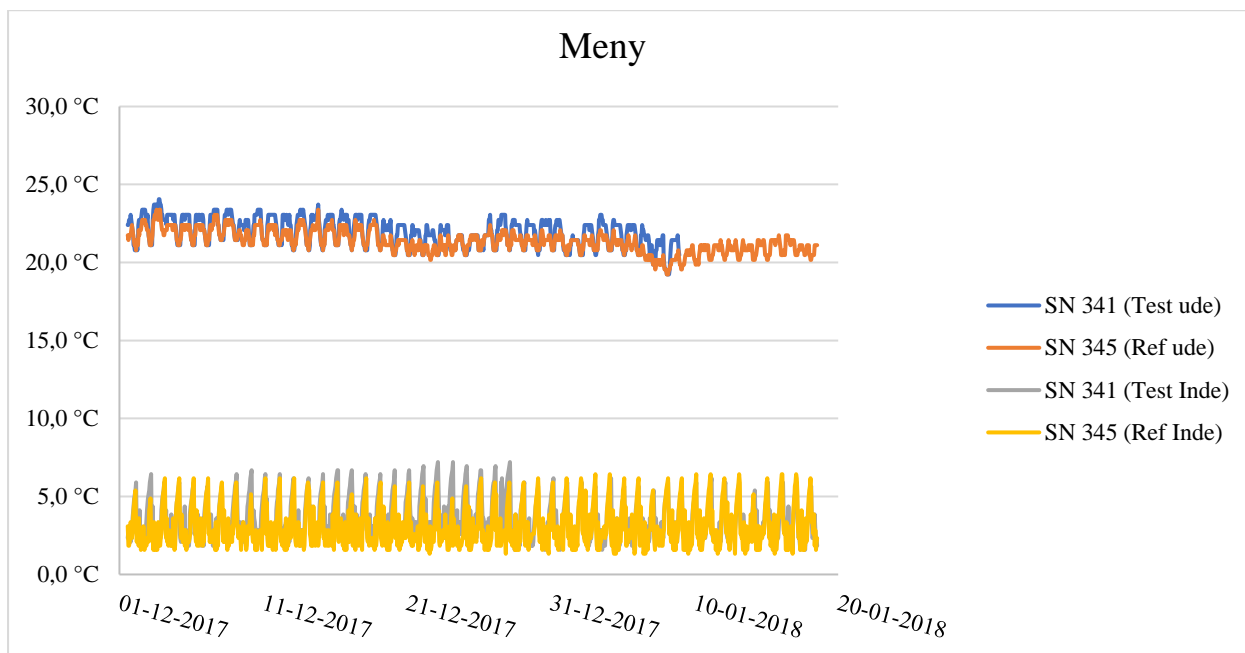
Figur 23 Temperatur forløb i Bilka for samtlige loggere (hele perioden 2.-3. aflæsning)

På Figur 24 ses de indre temperaturer for alle flaskekølere i Bilka der på nær SN 337, da denne logger har været stjålet undervejs i forløbet. Figuren viser tydeligt hvordan flaskekølernes temperatur varierer henover to dage, specielt SN 338 lader temperaturen stige +5°C i perioden butikken holder lukket.



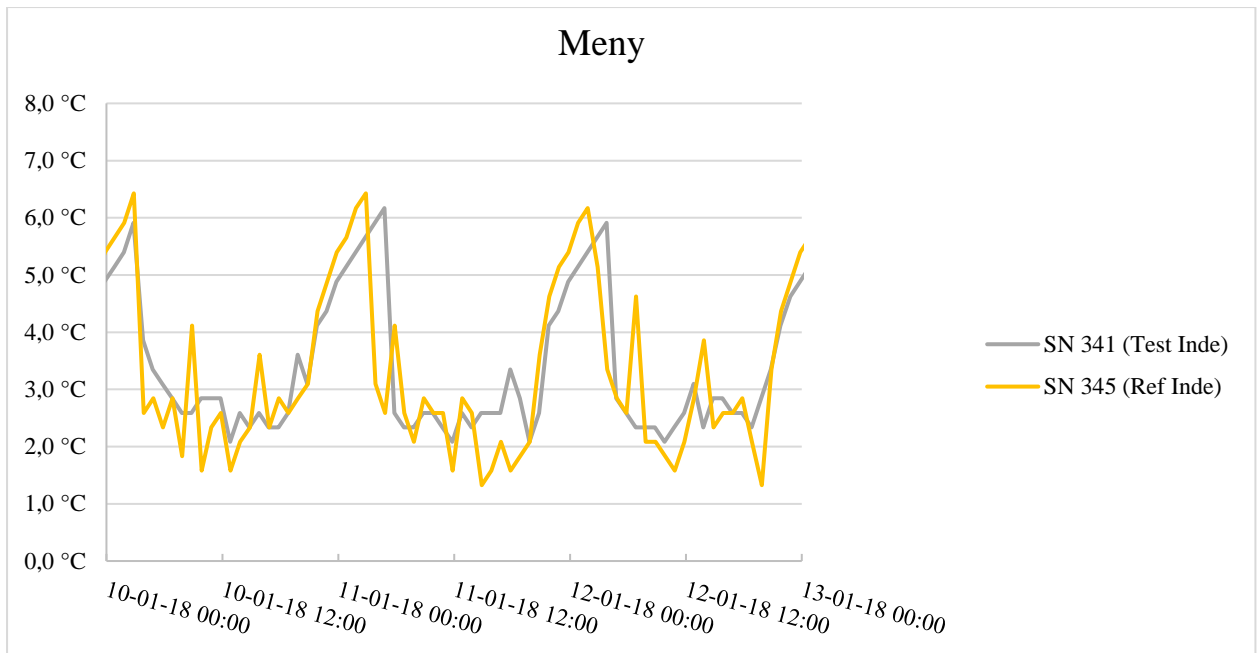
Figur 24 Temperatur forløb i Bilka for temperaturer inde i flaskekølerne

På Figur 25 er samtlige af målte temperaturer i Meny afbildet. Omgivelsestemperaturen er højere end i Bilka med en mindste temperatur på 19,2 °C, en max temperatur på 24,1 °C og gennemsnit på 21,9 °C. De indre temperaturer varierer imellem 1,1-7,2 °C med et gennemsnit på 3,3°C.



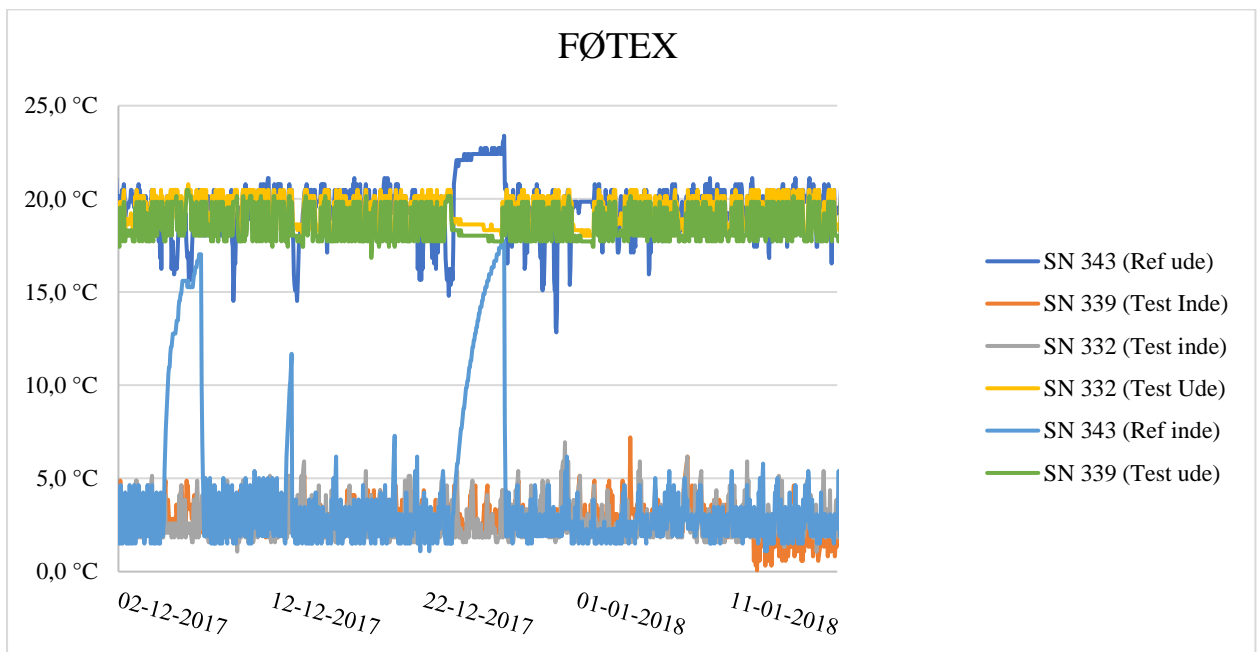
Figur 25 Temperatur forløb i Meny for samtlige loggere (hele perioden 2.-3. aflæsning)

Figur 26 illustrerer de indre temperaturer af de to flaskekølere opstillet hos Meny. Disse to flaskekølere har meget cykliske temperaturforløb med en tydelige temperaturstigninger i løbet af butikkens lukketid. Det tyder på at EMS styringen formår at udnyttet hele lukketiden til at lade temperaturen stige og dermed reducere energiforbruget.



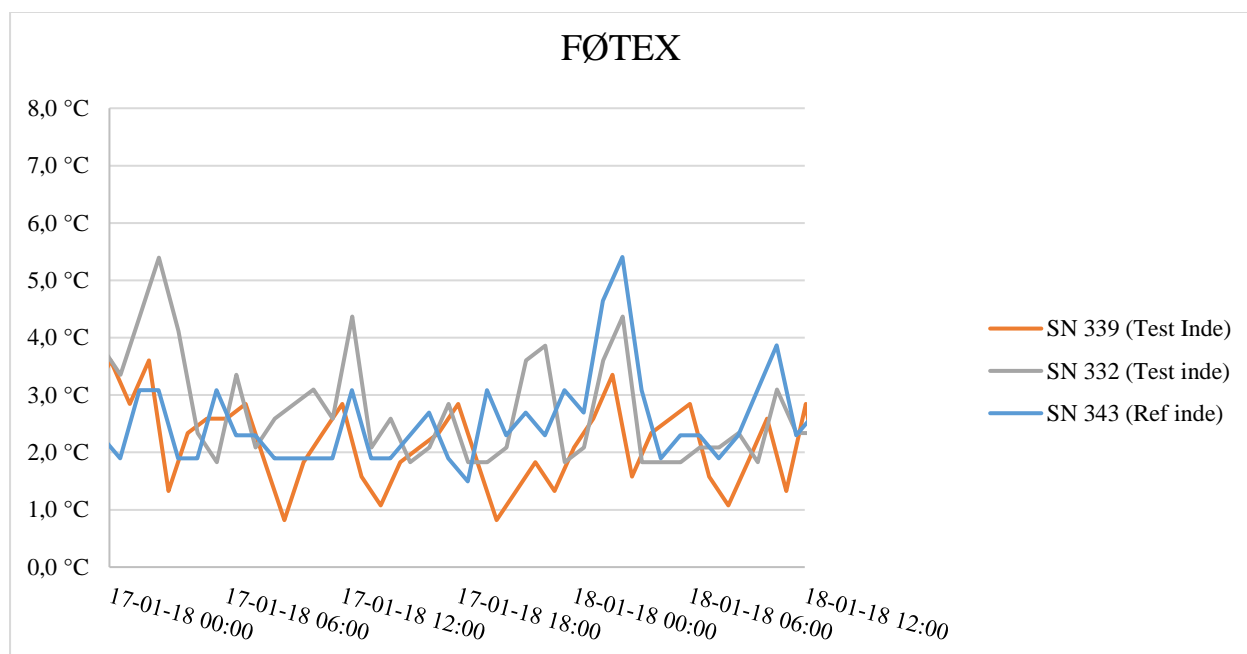
Figur 26 Temperatur forløb i Meny for temperaturer inde i flaskekølerne

Figur 27 viser samtlige temperaturmålinger i Føtex målt i perioden 02-12-2017 – 11-01-2018. I hovedparten af tiden varierer omgivelsestemperaturen imellem 17,7 og 23,4 °C med en gennemsnitstemperatur på 18,9°C. Ser man bort fra de to perioder, hvor det lader til at SN 343 har været slukket, ligger de indre temperaturer imellem 1,1 og 7,1°C med et gennemsnit på 3,1°C.



Figur 27 Temperatur forløb i Føtex for samtlige loggere (hele perioden 2.-3. aflæsning)

Figur 28 viser de indre temperaturer henover to dage for flaskekølerne placeret i Føtex. Disse tre flaskekølere har et temperaturforløb hvori EMS styringen udnytter lukketiden til at lade den indre temperatur stige, dog ikke til det fulde potentiale som set i Meny.



Figur 28 Temperatur forløb i Føtex for temperaturer inde i flaskekølerne

Flaskekølere Fieldtest (EUDP-projekt) Delrapport nr. 4

Fjerde og sidste aflæsning har været foretaget for Føtex og Meny den 20. april. Det var hensigten at samtlige flaskekøleres måleudstyr skulle aflæses og tages ned, da dette skulle være afslutningen på fieldtesten. Bilka har grundet en større ombygning valgt at returnere de flaskekølere der var placeret hos dem og logningsudstyret er endnu ikke blevet lokaliseret. Dette betyder at denne delrapport ikke inkluderer data fra Bilka og at resultaterne vil udelukkende være baseret på de resterende fem flaskekølere.



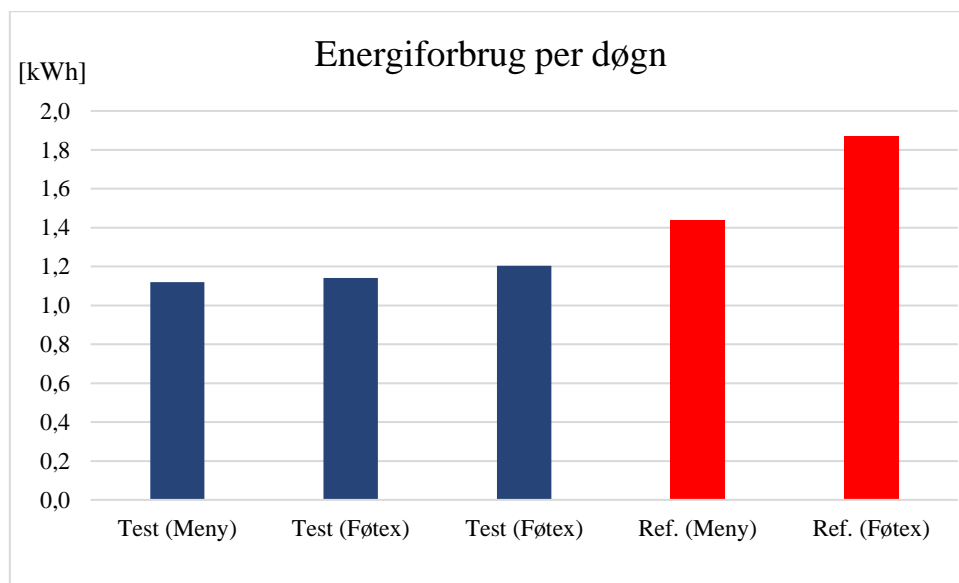
Figur 29 Nedtagning af måleudstyr Føtex

Tabel 16 Gennemsnitlige antal målinger per dag *(SN = Serienummer) 4. aflæsning viser antallet af døråbninger, den samlede døråbningstid, antal kompressor cyklus, kompressorens tid i drift og hver flaskekølers resulterende energiforbrug. Alle værdier i tabellen er et gennemsnitligt dagligt forbrug siden sidste aflæsning. Tabellen viser endnu engang at test flaskekølerne alle bruger mindre energi sammenholdt med referencekølerne. Der er stadig stor variation i antallet af døråbninger, samlet åbningstid og antal kompressor cyklus, samt energiforbruget.

Tabel 16 Gennemsnitlige antal målinger per dag *(SN = Serienummer) 4. aflæsning

Per dag (4. aflæs.)	SN	Dør	Dør	Komp. Cyc.	Komp.	Komp.	Energi
Type		[m/døgn]	[-]	[-]	[t/døgn]	[%]	[kWh]
Test (Meny)	341	13,2	1,3	42,3	5,8	22%	1,1
Test (Føtex)	339	1,7	9,7	26,9	5,3	21%	1,1
Test (Føtex)	332	18,6	12,9	50,2	5,2	22%	1,2
Ref. (Meny)	345	0,9	5,0	56,5	4,4	18%	1,4
Ref. (Føtex)	343	31,2	13,0	59,0	5,3	24%	1,9

Figur 30 illustrerer energiforbruget per døgn for hver af de 5 flaskekølere. Set fra venstre er vist de 3 test-flaskekølere sorteret fra mindste til største energiforbrug og ligeledes for de to reference kølere. Plottet viser i sin tydelighed forskellen imellem test og referencekølerne med hensyn til deres energiforbrug. Samtlige testkølere mere energieffektive end den mindst energiforbrugende referencekøler (SN 345).



Figur 30 Energiforbrug per døgn

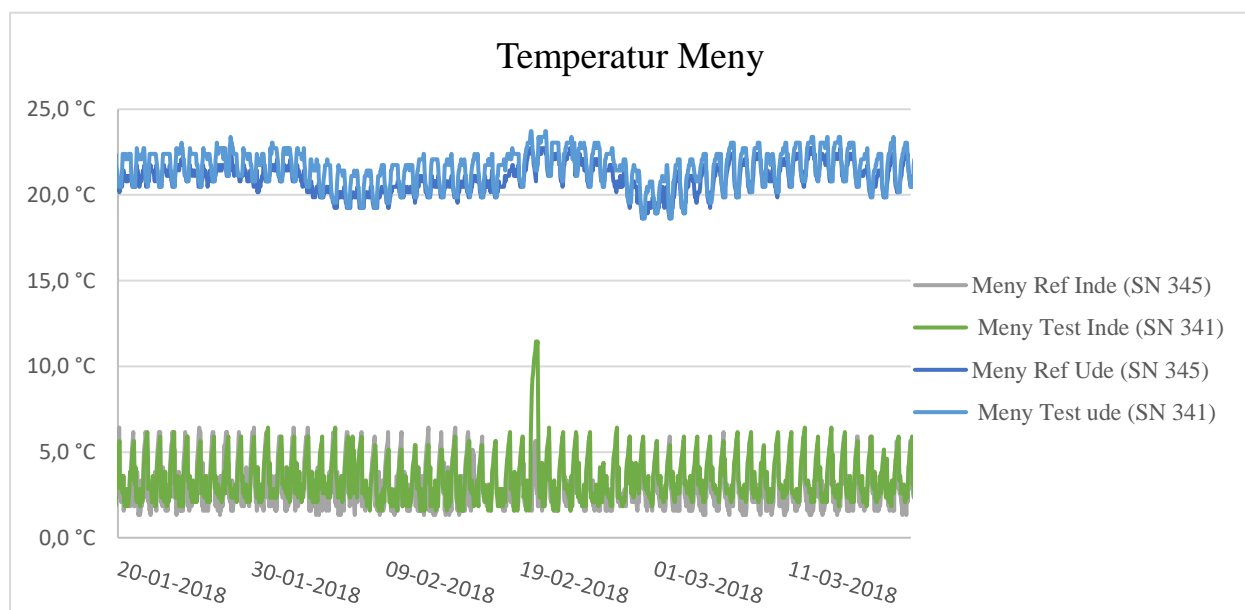
I Tabel 17 kan de gennemsnitlige værdier for test og referencekølerne per døgn for de tidligere benævnte kategorier. Tendenserne er lig de tidligeres tiders aflæsninger, idet både den samlede tid og antallet af døråbninger er mindst for test flaskekølerne. Testkølerne har færre kompressorstart end referencekølerne, men overordnet set er deres samlede kørselsprocent rimelig ens. Det daglige energiforbrug viser ligeledes at testkølerne for fjerde aflæsning i træk, har et energiforbrug der ligger ca. 30% under referencekølerne.

Tabel 17 Gennemsnitsværdier for hhv. Test og referencekølerne (middel over et døgn) 4. aflæsning

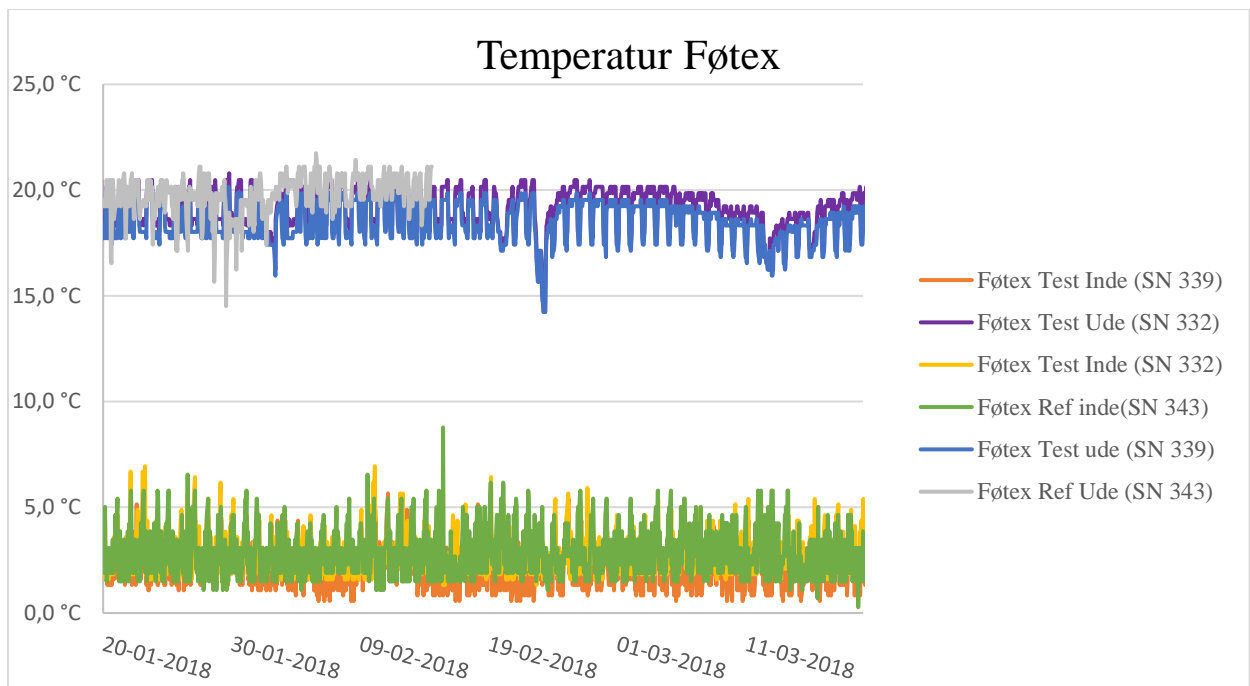
Middel	Dør [h]	Dør [-]	Komp cyc. [-]	Komp. [h]	Energi [kWh]
Test	11,18	7,96	39,82	5,42	1,15
Reference	16,02	8,99	57,74	4,86	1,65
Forhold	-30%	-11%	-31%	12%	-30%

Temperaturlogger

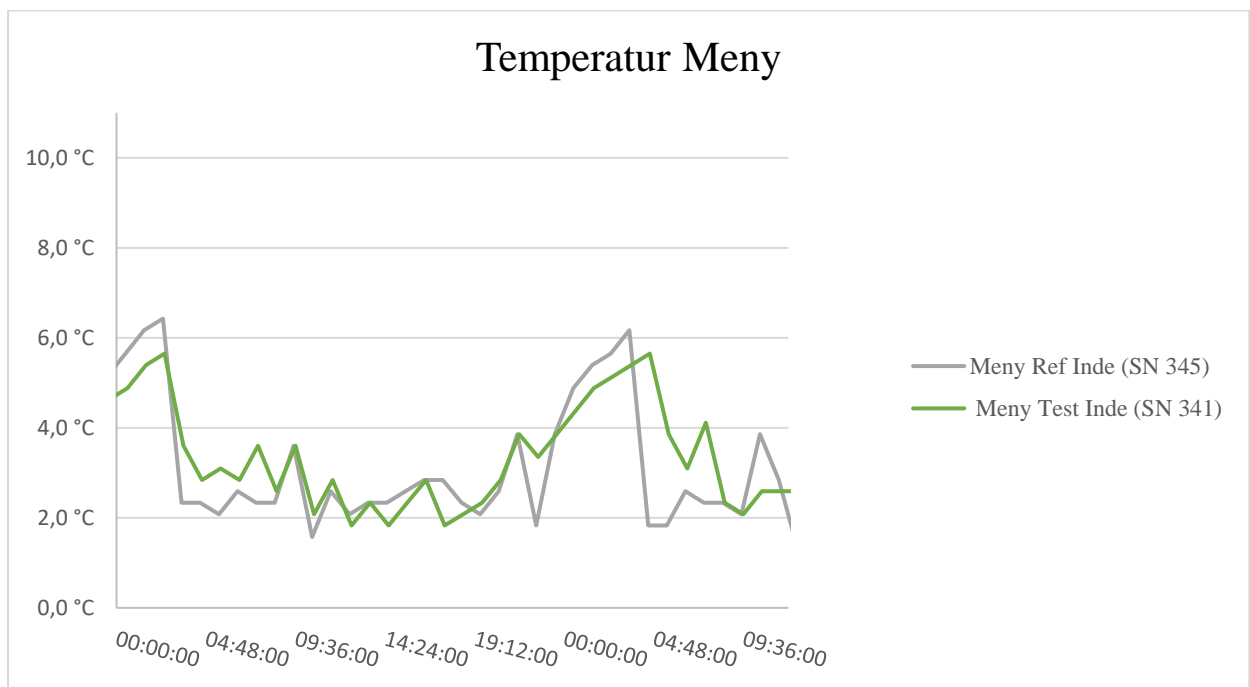
Alle flaskekølerne opererer tilnærmelsesvis under samme forhold, dvs. med en indre temperatur der fluktuerer imellem 1-6 °C og en ydre temperatur på 17-23 °C, dette kan ses på *Figur 31* og *Figur 32*. EMS styringens indflydelse på temperaturen i flaskekølerne kan ses på *Figur 33* og *Figur 34*. Begge plot viser tydeligt at temperaturen stiger imellem 2 – 4 °C i løbet af natten, der er dog ikke nogen synlig forskel på reference og testmøblerne med hensyn til de natlige temperaturstigninger. Alle flaskekølerne har perioder i løbet af butikernes respektive lukketider, hvori der foregår en nedkøling af varerne, som kunne betegnes som unødvendig. Men overordnet set er temperaturen inde i flaskekølerne i gennemsnit ca. 2 °C varmere i butikernes lukketid.



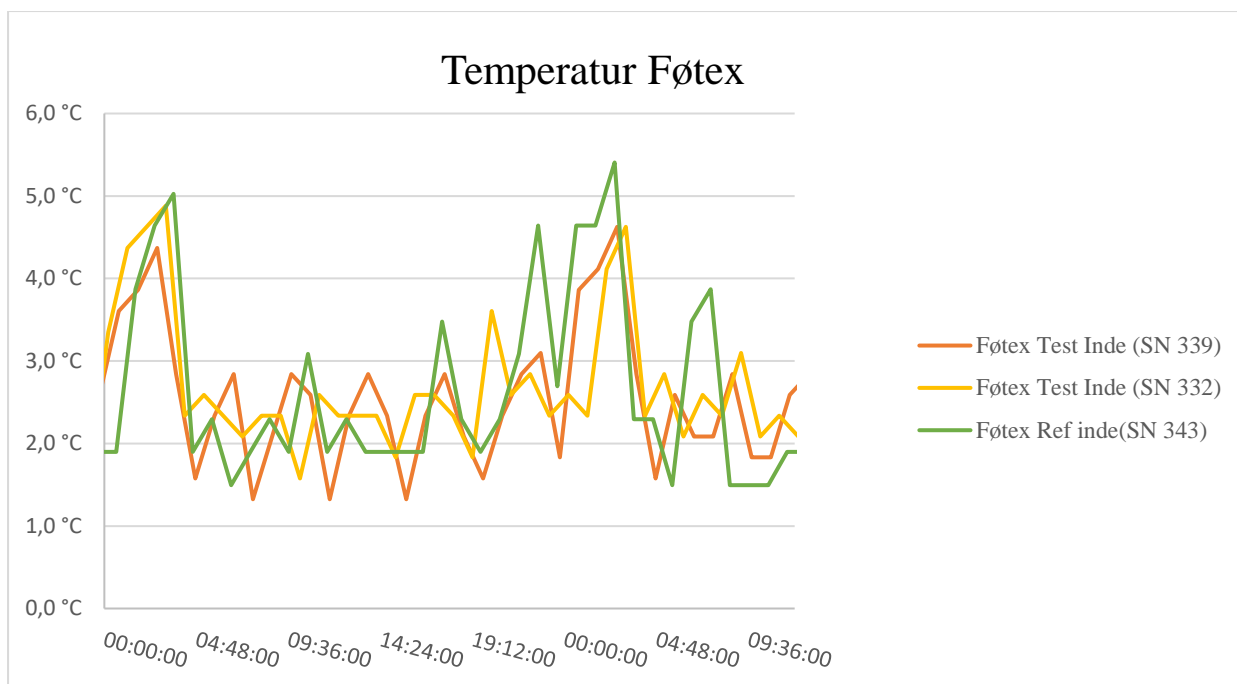
Figur 31 Temperatur forløb for flaskekølerne placeret i Meny



Figur 32 Temperatur forløb for flaskekølerne placeret i Føtex



Figur 33 Temperatur i flaskekøler placeret i Meny



Figur 34 Temperatur i flaskekøler placeret i Føtex

Bilag A

Bilag A indeholder i alt otte regressionsanalyser for flaskekølerne, disse er fordelt som følgende, fire for test-flaskekølerne og fire for referencekølerne. De fire regressionsanalyser har til formål at undersøge, hvorvidt antallet af døråbninger, den samlede åbningstid, antallet af kompressor-start samt den procentuelle driftstid af kompressoren har af indflydelse på det samlede energiforbrug. For hver variabel kan graden af korrelation, signifikans niveau, øvre og nedre konfidensinterval samt standard afvigelsen mm. aflæses.

TEST

Dør tid

SUMMARY

OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,829936566
R Square	0,688794703
Adjusted R Square	0,669344372
Standard Error	0,146242508
Observations	18

	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,293915889	1,28639E-16	1,216328994	1,371502785
X Variable 1	0,006963992	2,03272E-05	0,004483183	0,009444802

Dør antal

SUMMARY

OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,492197265
R Square	0,242258148
Adjusted R Square	0,194899282
Standard Error	0,228197443
Observations	18

	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,104450143	2,04876E-07	0,833124077	1,375776209
X Variable 1	0,024967246	0,037993314	0,001565484	0,048369007

Komp -

SUMMARY

OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>				
Multiple R	0,479936834			
R Square	0,230339365			
Adjusted R Square	0,182235575			
Standard Error	0,229985139			
Observations	18			
	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,251488789	1,76346E-11	1,091004323	1,411973255
X Variable 1	0,005875971	0,043834132	0,000183489	0,011568453

**Komp %
SUMMARY
OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>				
Multiple R	0,950491998			
R Square	0,903435038			
Adjusted R Square	0,897399728			
Standard Error	0,08146291			
Observations	18			
	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	0,43293337	4,85678E-05	0,266028598	0,599838143
X Variable 1	3,732262692	1,55296E-09	3,085581851	4,378943533

Reference**Dør tid**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,22924
R Square	0,052551
Adjusted R Square	-0,04219
Standard Error	0,643641
Observations	12

	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	2,004955	2,15074E-06	1,543197771	2,466711597
X Variable 1	0,011578	0,473560756	-0,023061035	0,046217169

Dør antal**SUMMARY OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,646379
R Square	0,417805
Adjusted R Square	0,359586
Standard Error	0,504545
Observations	12

	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,330145	0,001702335	0,632006363	2,028283973
X Variable 1	0,051465	0,023137234	0,008659316	0,094270469

Komp -**SUMMARY OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,401256
R Square	0,161006
Adjusted R Square	0,077107
Standard Error	0,605682
Observations	12

	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,852255	1,42888E-05	1,324813964	2,379695636
X Variable 1	0,008938	0,196082655	-0,005438281	0,023314887

Komp %**SUMMARY OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,991213
R Square	0,982504
Adjusted R Square	0,980754
Standard Error	0,087465
Observations	12

	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	0,688235	7,75351E-07	0,546370972	0,83009912
X Variable 1	5,046751	4,06422E-10	4,572230168	5,521272673

**Komp -
SUMMARY
OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>				
Multiple R	0,401256			
R Square	0,161006			
Adjusted R Square	0,077107			
Standard Error	0,605682			
Observations	12			
	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	1,852255	1,42888E-05	1,324813964	2,379695636
X Variable 1	0,008938	0,196082655	-0,005438281	0,023314887

**Komp %
SUMMARY OUTPUT**

<i>Regression Statistics</i>				
Multiple R	0,991213			
R Square	0,982504			
Adjusted R Square	0,980754			
Standard Error	0,087465			
Observations	12			
	<i>Coefficients</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept		0,688235	7,75351E-07	0,546370972
X Variable 1	5,046751	4,06422E-10	4,572230168	5,521272673

0,83009912