

TNO MEP Rapport 91-294

Augustus 1991

Titel: Energiebesparing door nachtafdekking{PRIVATE }

Subtitel: Praktijkmeting bij een supermarkt filiaal

Auteur: Ir. S.M. van der Sluis

T.N.O. projectnummer: 23160

NOVEM contractnummer: 81210.2310

Bestemd voor:

NOVEM B.V.  
t.a.v. Ir. P.A.M. van Luyt  
Postbus 503  
7300 AM APELDOORN

en

COPREX & CO Energiesparsysteme G.M.B.H.  
t.a.v. K. Beute Sr.  
Postfach 181149  
D-5500 TRIER  
Duitsland.

## CONCEPT

### Samenvatting.

Het toepassen van nachtafdekking is een mogelijkheid om energie te besparen op het verbruik van commerciële koel- en vriesmeubelen. Door middel van metingen is bij een supermarkt filiaal vastgesteld hoe groot de besparing in de praktijk is, wanneer nachtafdekking wordt toegepast.

In het filiaal van de Coöp te Rheden zijn 8 koel- en vriesmeubelen, met een gezamenlijke lengte van 41 meter, aangesloten op een centrale koel- en vriesinstallatie en voorzien van nachtafdekking.

In de zomer van 1991 zijn drie metingen verricht aan het energieverbruik van de koel- en vriesinstallatie, te weten:

- een meting waarbij geen nachtafdekking werd toegepast
- een meting waarbij alle meubelen (excl. glasdeurkast) werden afgedekt
- een meting waarbij alleen de koelmeubelen werden afgedekt.

De energiebesparing blijkt, zoals verwacht mag worden, afhankelijk te zijn van de gemiddelde winkeltemperatuur.

Bij het toepassen van de nachtafdekking gedurende gemiddeld 106 uur per week, werd voor de 8 meubelen aangesloten op de centrale koel- en vriesinstallatie de volgende besparing gemeten:

Bij winkeltemperatuur 20,2 °C:  $20,7 \times 10^3$  kWh/jaar  $\pm 10\%$

Bij winkeltemperatuur 22,0 °C:  $25,5 \times 10^3$  kWh/jaar  $\pm 10\%$

Gerelateerd aan het oppervlak van de nachtafdekking van de 8 meubelen (55 m<sup>2</sup>) bedraagt de energiebesparing 380 kWh/m<sup>2</sup> per jaar (bij 20,2°C).

Op basis van de uitgevoerde metingen was het niet mogelijk om een onderscheid te maken tussen de besparing bij koelmeubelen en de besparing bij vriesmeubelen.

Bij het verwerken van de meetresultaten is gebruik gemaakt van een rekenmodel, dat door TNO in opdracht van NOVEM is opgesteld, om correcties aan te brengen voor de verschillende gemiddelde winkeltemperaturen die bij de drie metingen optraden.

In de huidige situatie is de ontdooiing (tijdstippen en duur) van de koel- en vriesmeubelen niet bijgesteld na het aanbrengen van de nachtafdekking. Wanneer dit wel zou gebeuren, kan een extra besparing worden verwacht (op basis van berekeningen) van maximaal 30 %.

## CONCEPT

### Inhoudsopgave

1. Inleiding
2. Situatieschets
3. Metingen.
4. Normering energieverbruik
5. Besparing door nachtafdekking
6. Opmerkingen m.b.t de ontdooiing
7. Conclusie
8. Literatuur
9. Verantwoording

### Bijlagen

- I Uitgebreide meetresultaten.
- II Gecorrigeerd energieverbruik per meubel.
- III Berekeningswijze energiebesparing.

## CONCEPT

### 1. Inleiding

TNO-Milieu en Energie, afdeling warmte- en koudetechniek, heeft in opdracht van NOVEM B.V. en de Firma COPREX & CO Energiesparsysteme G.M.B.H. metingen uitgevoerd aan de energiebesparing ten gevolge van het toepassen van nachtafdekking bij koel- en vriesmeubelen.

Deze metingen zijn uitgevoerd in een filiaal van de Coöp te Rheden, waar in de loop van het onderzoek nachtafdekking werd toegepast bij een aantal koel- en vriesmeubelen.

Alleen het totaalverbruik van de koel- en vriesinstallatie is gemeten, omdat het meten van de afzonderlijke verbruiken per meubel in de toegepaste installatie praktisch niet uitvoerbaar is. De berekende besparing heeft dan ook alleen betrekking op de 8 meubelen die zijn aangesloten op de centrale koel- en vriesinstallatie, en zijn voorzien van nachtafdekking.

### 2. Situatieschets.

Het filiaal van de Coöp te Rheden beschikt over een vloeroppervlak (V.V.O) van 688 m<sup>2</sup>. In het filiaal zijn 8 koel- en vriesmeubelen ondergebracht, die zijn aangesloten op de centrale installatie én zijn voorzien van nachtafdekking. De gezamenlijke lengte van deze meubelen bedraagt 41 meter. Een overzicht van deze meubelen is gegeven in tabel 1.

Tabel 1: Overzicht aanwezige meubelen, aangesloten op de centrale koel- en vriesinstallatie én voorzien van nachtafdekking. Naast de gebruikelijke aanduiding is de aanduiding van Coöp aangegeven, die verder gehanteerd zal worden vanwege de eenduidigheid.

| Meubeltype              | Aanduiding Coöp  | Lengte (m) | Afdekking   |
|-------------------------|------------------|------------|-------------|
| Schappenkast            | AGF Koeling      | 2.58       | automatisch |
| Vleesvitrine            | Vers vlees       | 10.00      | handbediend |
| Koeleiland met etage    | B.S.V.P. II      | 2.58       | handbediend |
| Schappenkast            | B.C.T.H.P.       | 3.82       | automatisch |
| Roll-in                 | Roll-in          | 3.78       | automatisch |
| Schappenkast            | Zuivel           | 6.28       | automatisch |
| Vleesvitrine            | Vleeswaren       | 6.75       | handbediend |
| Breed vrieseiland (1½m) | Diepvries eiland | 5.08       | handbediend |

Het totaal oppervlak van alle nachtafdekkingen voor deze meubelen bedraagt ca. 55 m<sup>2</sup>.

Naast de bovengenoemde koel- en vriesmeubelen is nog een separaat koelmeubel aanwezig voor de opslag van vleeswaren, waarbij nachtafdekking wordt toegepast. Verder is er een 4-deurs glasdeurkast aangesloten op de centrale installatie, waarbij echter geen nachtafdekking wordt toegepast.

## CONCEPT

### 3. Metingen.

Om tot een vergelijking te komen van het energieverbruik voor en na toepassing van nachtafdekking zijn drie metingen uitgevoerd:

- 1 meting zonder nachtafdekking
- 1 meting met nachtafdekking bij alle meubelen.
- 1 meting met nachtafdekking bij alleen vriesmeubel.

Om een representatief 24 uren gemiddelde te verkrijgen is elke meting verricht over een periode van 7 dagen. De metingen zijn uitgevoerd in de zomer van 1991 (1 juli t/m 1 augustus). Gemeten zijn:

- het energieverbruik van de koel- en de vriesinstallatie.
- de winkeltemperatuur op 4 plaatsen.
- de temperatuur van de circulatielucht in alle relevante meubelen.
- de afdekkingstijd per etmaal van de individuele meubelen.

Temperaturen werden gemeten met "Control One" opnemers, die geen bekabeling nodig hebben naar een centraal meetpunt. De temperaturen werden eenmaal in de 10 minuten gemeten.

Afdekkingstijden werden gemeten met urentellers, gekoppeld aan de verlichting van de meubelen. De verlichting- en nachtafdekking schakelaars zijn naast elkaar gemonteerd, en worden in de praktijk gelijktijdig geschakeld.

De meetapparatuur is aangebracht door medewerkers van TNO. Ook het registreren van meetgegevens werd verzorgd door TNO, met medewerking van de filiaalhouder van de Coöp. De relevante meetwaarden zijn gegeven in tabellen 2 en 3.

Tabel 2: Gemiddelde temperatuur in de winkel en van de circulatielucht in de meubelen. Meting M1 zonder nachtafdekking, meting M2 met volledige nachtafdekking, en meting M3 met gedeeltelijke nachtafdekking. In de laatste rij het gemiddeld aantal uren nachtafdekking per week.

Meetduur 1 week.

| Plaats                    | M1 (°C) | M2 (°C) | M3 (°C) |
|---------------------------|---------|---------|---------|
|                           |         |         |         |
| Fruitafdeling             | 23.0    | 20.3    | 22.1    |
| Slagerij / vriesafdeling  | 21.1    | 19.1    | 20.5    |
| Zuivelafdeling            | 22.4    | 20.2    | 22.0    |
| Vleeswaren afdeling       | 25.2    | 22.4    | 24.6    |
|                           |         |         |         |
| AGF Koeling               | 9.1     | 7.6     | 8.6     |
| Vers vlees                | -       | 2.1     | 1.9     |
| B.S.V.P. II               | 0.0     | 1.7     | 1.1     |
| B.C.T.H.P.                | 3.5     | 4.0     | 4.2     |
| Roll-in                   | 5.6     | 6.7     | 6.7     |
| Zuivel                    | 2.1     | 5.2     | 6.0     |
| Vleeswaren                | -0.4    | 2.9     | 1.2     |
| Diepvries eiland          | -16.2   | -19.9   | -17.4   |
|                           |         |         |         |
| Afdekking per week (uren) | 0       | 107,2   | 106,5   |

## CONCEPT

Tabel 3: Gemeten totaalverbruik van de koel- en vriesinstallatie.

Meting 1 zonder nachtafdekking, meting 2 met volledige nachtafdekking, en meting 3 met gedeeltelijke nachtafdekking.

| Totaalverbruik installatie (kWh/week) |        |
|---------------------------------------|--------|
| Meting 1 (1/7/91 - 8/7/91)            | 3193.1 |
| Meting 2 (18/7/91 - 25/7/91)          | 2486.1 |
| Meting 3 (25/7/91 - 1/8/91)           | 2597.9 |

#### 4. Correctie energieverbruik.

Voor het bepalen van de energiebesparing door toepassing van nachtafdekking, kunnen we niet zonder meer het verschil nemen van de gemeten energieverbruiken met en zonder nachtafdekking. De vergelijking gaat mank, omdat de winkeltemperaturen tijdens de tweede en derde meting lager waren dan tijdens de eerste meting.

Ook de circulatielucht temperaturen in de koel- en vriesmeubelen verschillen bij de drie metingen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de toegepaste nachtsparathermostaten van Coprex. De besparing, die optreedt door de keuze van een hogere temperatuur in de periode waarin het meubel is afgedekt, kan worden gezien als een besparing ten gevolge van het systeem.

Het gemeten energieverbruik moet dus gecorrigeerd worden op basis van de gemeten winkeltemperaturen.

TNO heeft de beschikking over een rekenmodel voor de bepaling van het energieverbruik van koel- en vriesmeubelen, ontwikkeld voor een NOVEM studie naar besparingsmogelijkheden [1]. Met dit model kan het energieverbruik van de 8 meubelen worden berekend, bij verschillende winkeltemperaturen.

In bijlage 2 zijn de met het model berekende energieverbruiken per meubel weergegeven. In deze bijlage worden ook de beperkingen van het model aangegeven. In onderstaande tabel 4 is het berekende totale energieverbruik van alle (op de centrale installatie aangesloten) meubelen overgenomen, voor de drie metingen.

Tabel 4: Berekend totaalverbruik van de meubelen, op basis van de gemeten winkeltemperaturen. De verbruiken zijn berekend, voor het geval geen nachtafdekking zou zijn toegepast.  
(Alleen meubelen die op centrale installatie aangesloten zijn).

| Totaalverbruik meubelen (kWh/week)        |        |
|-------------------------------------------|--------|
| Berekening "Meting 1" (1/7/91 - 8/7/91)   | 2911.8 |
| Berekening "Meting 2" (18/7/91 - 25/7/91) | 2549.4 |
| Berekening "Meting 3" (25/7/91 - 1/8/91)  | 2775.0 |

## CONCEPT

### 5. Besparing door nachtafdekking

Op basis van de gemeten waarden en de berekende waarden voor het energieverbruik van de koel- en vriesmeubelen kan de besparing worden berekend, die het resultaat is van de toepassing van nachtafdekking.

De besparing is gelijk aan het gemeten verschil in verbruik tussen de situatie met en zonder afdekking, gecorrigeerd met het verschil in verbruik ten gevolge van de veranderde winkeltemperaturen. Deze berekeningswijze wordt toegelicht in bijlage III. De gecorrigeerde besparing voor metingen 2 en 3 ten opzichte van meting 1 zijn gegeven in tabel 5.

Tabel 5. Gecorrigeerde energiebesparing door toepassing van nachtafdekking.

|                                  | Besparing (kWh/jaar)         | Winkeltemp. |
|----------------------------------|------------------------------|-------------|
| Afdekking koel- en vriesmeubelen | $(17,9 \pm 3,8) \times 10^3$ | 20,2°C      |
| Afdekking koelmeubelen           | $(23,8 \pm 1,4) \times 10^3$ | 22,0°C      |

Uit de gegevens van tabel 5 volgt, dat de besparing afhankelijk is van de temperatuur. Bij een hogere winkeltemperatuur verbruiken de meubelen meer energie. Wanneer de procentuele energiebesparing constant is, wordt bij een hogere winkeltemperatuur dus ook meer energie bespaard.

Vanwege de onnauwkeurigheid die de correctie met zich meebrengt, is het niet mogelijk onderscheid te maken tussen de besparing van nachtafdekking bij vriesmeubelen en de besparing bij koelmeubelen.

Omdat twee besparingsmetingen zijn uitgevoerd, is het wel mogelijk de besparing nauwkeuriger te geven dan in tabel 5. De details van deze berekening staan vermeld in bijlage III.

De besparing door toepassing van het COPREX systeem, bij afdekking gedurende gemiddeld 106 uur per week, bedraagt:

**Bij winkeltemperatuur 20,2 °C:  $20,7 \times 10^3$  kWh/jaar  $\pm 10\%$**

**Bij winkeltemperatuur 22,0 °C:  $25,5 \times 10^3$  kWh/jaar  $\pm 10\%$**

Deze besparing geldt voor alle 8 koel- en vriesmeubelen, aangesloten op de centrale koel- en vriesinstallatie, die voorzien zijn van nachtafdekking.

Het afdekkingsoppervlak van deze meubelen bedraagt 55 m<sup>2</sup>.

Bij een gemiddelde winkeltemperatuur van 20,2 °C bedraagt de besparing voor de 8 meubelen aangesloten op de centrale installatie, gerelateerd aan het afdekkingsoppervlak, 380 kWh/m<sup>2</sup> per jaar.

## CONCEPT

### 6. Opmerkingen m.b.t. de ontdooiing

Het aantal ontdooiingen per etmaal en de tijdstippen waarop wordt ontdooid, zijn bij het filiaal van de Coöp niet veranderd nadat de nachtafdekking werd aangebracht. Hierdoor wordt onnodig veel energie verbruikt:

- De ontdooiing 's nachts is minder noodzakelijk, omdat door de nachtafdekking minder vocht het meubel binnentreedt, en de verdamper dus minder snel zal berijpen. Door 's nachts korter of geheel niet te ontdooien, kan elektrische ontdooienergie worden bespaard.

- De (teveel) geproduceerde ontdooiwarmte moet door de koelinstallatie worden afgevoerd, hetgeen extra energie kost.

Het is dus mogelijk extra energie te besparen door de ontdooiing aan te passen. Deze aanpassing kan op de volgende manieren gebeuren:

- De ontdooitijdstippen zodanig wijzigen, dat zo min mogelijk ontdooiingen optreden tijdens de periode dat de meubelen zijn afgedekt.

- Het aantal ontdooiingen verminderen of de tijdsduur per ontdooiing verkorten, in overeenstemming met de verminderde ontdooibehoeft.

Op deze wijze kan een aanzienlijke hoeveelheid energie worden bespaard, zonder extra investeringskosten. Met behulp van het rekenmodel is berekend, hoe groot de (maximale) extra besparing is wanneer in totaal 50 % minder ontdooi energie wordt toegevoerd.

De besparing kan worden verhoogd van 20,7 naar  $27,3 \times 10^3$  kWh/jaar (+30 %), bij een gemiddelde winkeltemperatuur van 20,2°C.

## CONCEPT

### 7. Conclusies.

Bij de Coöp te Rheden is de energiebesparing bepaald die optreedt bij het toepassen van nachtafdekking en nachtspaarthermostaten bij 7 koelmeubelen en één diepvrieseiland, aangesloten op een centrale koel- en vriesinstallatie.

De gerealiseerde besparing is afhankelijk van de gemiddelde winkeltemperatuur.

De besparing door toepassing van het COPREX systeem, bij afdekking gedurende gemiddeld 106 uur per week, bedraagt:

Bij winkeltemperatuur 20,2 °C:  $20,7 \times 10^3$  kWh/jaar  $\pm 10\%$

Bij winkeltemperatuur 22,0 °C:  $25,5 \times 10^3$  kWh/jaar  $\pm 10\%$

Deze besparing geldt voor alle 8 koel- en vriesmeubelen, aangesloten op de centrale koel- en vriesinstallatie, die voorzien zijn van nachtafdekking.

Het afdekkingsoppervlak van de meubelen bedraagt 55 m<sup>2</sup>.

De gemiddelde besparing bij 20,2°C winkeltemperatuur, gerelateerd aan het afdekkingsoppervlak, bedraagt 380 kWh/m<sup>2</sup> per jaar.

Het koelmeubel voor de opslag van vleeswaren is niet meegenomen in de berekeningen, omdat het een separaat meubel is, dat niet is aangesloten op de centrale installatie. Voor een indicatie van de besparing op dit meubel kan worden uitgegaan van de gemiddelde besparing per m<sup>2</sup> nachtafdekking.

In de huidige situatie zijn ontdooiduurtijd en ontdooitijdstip van de meubelen niet aangepast aan de situatie met nachtafdekking. Wanneer dit wel gebeurt, mag op basis van berekeningen een extra energiebesparing worden verwacht van maximaal  $6,6 \times 10^3$  kWh/jaar.

De resultaten zijn tot stand gekomen met gebruikmaking van een rekenmodel voor de bepaling van het energieverbruik van koel- en vriesmeubelen. Met behulp van dit rekenmodel zijn de meetresultaten gecorrigeerd voor de opgetreden verschillen in winkeltemperatuur tijdens de drie metingen. Zonder hulp van dit model zou het niet mogelijk zijn geweest de juiste energiebesparing te bepalen.

Gezien de onzekerheid in de bepaling van de energiebesparing, was het niet mogelijk om op basis van de drie uitgevoerde metingen een uitspraak te doen betreffende de besparing bij vriesmeubelen ten opzichte van de besparing bij koelmeubelen.

## CONCEPT

### 8. Literatuur

[1]Besparingsopties koel- en vriesmeubelen.

S.M. van der Sluis

TNO-Milieu en Energie, referentienummer 91-153 (1991).

## CONCEPT

### Bijlage I

#### Temperatuurmetingen koel- en vriesmeubelen.

A) Metingen zonder nachtafdekking.

Uitgevoerd van maandag 1 juli 1990, 15:30 tot maandag 8 juli 1991, 15:30  
Temperatuurregistraties, bemonstering éénmaal per 10 minuten.

\*) opnemer defect geraakt.

\*\*) Exclusief weekend (buiten bedrijf)

| Plaats           | Opnemer  | Gemiddeld | Min   | Max   | $\sigma$ |
|------------------|----------|-----------|-------|-------|----------|
| AGF afdeling     | T018     | 23.0      | 15.4  | 29.6  | 3.3      |
| Slagerij         | T151     | 21.1      | 14.0  | 27.7  | 3.3      |
| Zuivelafdeling   | T159     | 22.4      | 14.2  | 29.7  | 3.8      |
| Vleeswaren afd.  | T178     | 25.2      | 17.2  | 31.7  | 3.3      |
| AGF Koeling      | T016     | 9.1       | 2.7   | 16.4  | 2.9      |
| Vers vlees       | T167 *)  |           |       |       |          |
| B.S.V.P. II      | T177 **) | 0.0       | -2.3  | 7.4   | 1.5      |
| B.C.T.H.P.       | T166     | 3.5       | 0.6   | 9.0   | 1.4      |
| Roll-in          | T154     | 5.6       | 3.8   | 11.9  | 1.5      |
| Zuivel           | T184     | 2.1       | 0.5   | 7.4   | 1.1      |
| Vleeswaren       | T160     | -0.4      | -2.3  | 14.4  | 2.1      |
| Opslag Vl.waren  | T156     | 3.7       | 0.9   | 11.0  | 1.8      |
| Diepvries eiland | T165     | -16.2     | -19.3 | -6.7  | 2.6      |
| Glasdeurkasten   | T017     | -20.2     | -21.5 | -13.1 | 1.4      |

B) Metingen met nachtafdekking op alle meubelen

Uitgevoerd van donderdag 18 juli 1991, 13:30 tot donderdag 25 juli 1991, 13:30  
Temperatuurregistraties, bemonstering éénmaal per 10 minuten.

\*) gemeten tot 24/7/91, 11:30

\*\*) exclusief weekend (buiten bedrijf)

| Plaats           | Opnemer  | Gemiddeld | Min   | Max   | $\sigma$ |
|------------------|----------|-----------|-------|-------|----------|
| AGF afdeling     | T018     | 20.3      | 16.3  | 27.1  | 2.2      |
| Slagerij         | T151     | 19.1      | 15.4  | 25.3  | 2.1      |
| Zuivel afdeling  | T159     | 20.2      | 15.4  | 27.6  | 2.6      |
| Vleeswaren afd.  | T178     | 22.4      | 18.6  | 28.8  | 2.0      |
| AGF Koeling      | T016     | 7.6       | 2.5   | 13.7  | 2.4      |
| Vers vlees       | T170     | 2.1       | -1.7  | 12.1  | 1.8      |
| B.S.V.P. II      | T177 *)  | 3.0       | -2.2  | 20.6  | 4.4      |
| B.C.T.H.P.       | T166     | 4.0       | 1.3   | 10.3  | 1.5      |
| Roll-in          | T154     | 6.7       | 4.3   | 11.0  | 1.2      |
| Zuivel           | T184     | 5.2       | 0.3   | 10.3  | 2.4      |
| Vleeswaren       | T160 **) | 7.3       | 0.2   | 17.3  | 6.0      |
| Opslag Vl.waren  | T156     | 0.0       | -1.5  | 6.9   | 1.1      |
| Diepvries eiland | T165     | -19.9     | -24.2 | -11.0 | 2.2      |

## CONCEPT

|                |      |       |       |      |     |
|----------------|------|-------|-------|------|-----|
| Glasdeurkasten | T017 | -20.4 | -21.3 | -9.1 | 1.0 |
|----------------|------|-------|-------|------|-----|

## CONCEPT

### C) Metingen met nachtafdekking op de koelmeubelen.

Uitgevoerd van donderdag 25 juli 1991, 18:00 tot donderdag 1 augustus 1991, 13:30. De gemiddelde temperaturen zijn berekend over een periode van precies 6 dagen.

Temperatuurregistraties, bemonstering éénmaal per 10 minuten.

\*) exclusief weekend (buiten bedrijf)

| Plaats           | Opnemer | Gemiddeld | Min   | Max   | $\sigma$ |
|------------------|---------|-----------|-------|-------|----------|
| AGF afdeling     | T018    | 22.1      | 17.7  | 28.4  | 2.6      |
| Slagerij         | T151    | 20.5      | 15.7  | 26.7  | 2.7      |
| Zuivel afdeling  | T159    | 22.0      | 16.7  | 28.8  | 3.0      |
| Vleeswaren afd.  | T178    | 24.6      | 18.8  | 31.0  | 2.5      |
| AGF Koeling      | T016    | 8.6       | 3.7   | 14.1  | 2.2      |
| Vers vlees       | T170 *) | 1.9       | -1.7  | 12.1  | 2.9      |
| B.S.V.P. II      | T177 *) | 1.1       | -1.6  | 14.4  | 2.0      |
| B.C.T.H.P.       | T166    | 4.2       | 1.7   | 11.0  | 1.6      |
| Roll-in          | T154    | 6.7       | 3.3   | 12.6  | 1.8      |
| Zuivel           | T184    | 6.0       | 1.1   | 11.3  | 2.4      |
| Vleeswaren       | T160 *) | 1.2       | -0.9  | 9.9   | 1.5      |
| Opslag Vl.waren  | T156    | -0.8      | -2.5  | 6.2   | 1.1      |
| Diepvries eiland | T165    | -17.4     | -21.2 | -8.0  | 2.3      |
| Glasdeurkasten   | T017    | -20.1     | -21.1 | -13.2 | 1.2      |

## CONCEPT

### Bijlage II

#### Berekening energieverbruik meubelen.

In deze bijlage zijn de resultaten weergegeven van berekeningen met een spreadsheet rekenprogramma, dat door TNO is ontwikkeld ten behoeve van een NOVEM opdracht [1]. Met dit rekenmodel kunnen energieverbruiken van koel- en vriesmeubelen worden berekend, wanneer een aantal gegevens bekend zijn. Het berekende energieverbruik betreft het totaalverbruik, inclusief elektrische hulpapparatuur als verlichting en ventilatoren etc.

Het verbruik wordt berekend op basis van het ontwerp van het koel- of vriesmeubel, voor de koelinstallatie wordt gebruik gemaakt van een theoretische standaard installatie met een rendement van 40%.

Ten behoeve van het huidige onderzoek naar de besparing door nachtafdekking zijn berekeningen uitgevoerd aan "representatieve" meubelen van hetzelfde type als opgesteld bij de Coöp te Rheden. In het model zijn de gemeten winkeltemperaturen ingevoerd. Voor de circulatieluchttemperatuur is de gemeten temperatuur tijdens de eerste meting (zonder nachtafdekking) gehanteerd.

De condensatietemperatuur wordt in de modelberekeningen vastgesteld op 10 graden boven de opgegeven winkeltemperatuur. In de praktijk ligt de condensatietemperatuur veelal op 10 graden boven de omgevingstemperatuur.

Aangezien winkeltemperatuur en omgevingstemperatuur i.h.a. niet gelijk zijn, treedt dus een kleine afwijking op in de berekeningsresultaten. Omdat wordt aangenomen dat de nauwkeurigheid van de berekeningen  $\pm 50\%$  bedraagt, is deze afwijking acceptabel.

Indien het meubel tijdens de metingen niet de gehele week in werking was, is dit verdisconteerd in het berekende verbruik per week.

| Meubel             | M1         | M2         | M3         |
|--------------------|------------|------------|------------|
|                    | (kWh/week) | (kWh/week) | (kWh/week) |
| AGF Koeling        | 142.6      | 110.1      | 130.9      |
| Vers vlees         | 289.0      | 257.0      | 205.8      |
| B.S.V.P. II        | 86.7       | 78.6       | 88.0       |
| B.C.T.H.P.         | 307.4      | 245.8      | 297.1      |
| Roll-in            | 464.2      | 390.5      | 454.1      |
| Zuivel             | 556.0      | 463.2      | 538.1      |
| Vleeswaren         | 168.4      | 142.9      | 177.4      |
| Diepvries eiland   | 274.0      | 256.9      | 268.8      |
| Glasdeurkasten     | 623.6      | 595.4      | 614.8      |
| Totaal (centraal): | 2911.8     | 2549.4     | 2775.0     |

Omdat het energieverbruik van soortgelijke typen meubelen van model tot model strek kan verschillen, is uitgegaan van een mogelijke afwijking ( $\delta$ ) per berekening van 50% (meer of minder). Omdat de afwijkingen onafhankelijk van elkaar zijn, is de afwijking in de sommatie kleiner dan 50 %

$$(\text{afwijking})^2 = \delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \dots$$

Op deze wijze vinden we voor de afwijking in het totaal ca 19 %. Voor de berekeningen in het rapport wordt een afwijking van 20% gehanteerd.

## CONCEPT

In het rapport wordt steeds gewerkt met het verschil tussen twee berekende waarden, zodat het aandeel van de elektrische randapparatuur in de meubelen uit de vergelijkingen valt.

Het berekende totaalverbruik van de koel- en vriesmeubelen die aangesloten zijn op de centrale installatie komt goed overeen met het gemeten verbruik van de koel- en vriesinstallatie. Voor de meting zonder nachtafdekking vinden we:

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Gemeten verbruik installatie: | 3193.1 kWh |
| Berekend verbruik meubelen:   | 2911.8 kWh |

Het verschil kan worden toegeschreven aan de eveneens op de koelinstallatie aangesloten koelcel. Er wordt verondersteld dat het opgenomen vermogen van de koelcel gedurende de drie metingen constant was.

## CONCEPT

### Bijlage III

#### Berekeningswijze energiebesparing.

De werkelijke besparing is gelijk aan het gemeten verschil in verbruik tussen de situatie met en zonder afdekking, gecorrigeerd met het verschil in verbruik ten gevolge van de veranderde winkeltemperaturen. In formulevorm:

$$\text{Besparing} = \{E(a)_{\text{gem}} - E(b)_{\text{gem}}\} - \{E(a)_{\text{ber}} - E(b)_{\text{ber}}\} \pm \delta$$

$E(a)_{\text{gem}}, E(b)_{\text{gem}}$  = gemeten energieverbruik meting a, meting b  
 $E(a)_{\text{ber}}, E(b)_{\text{ber}}$  = berekend energieverbruik meting a, meting b  
= onzekerheid in  $\{E(a)_{\text{ber}} - E(b)_{\text{ber}}\}$  ( $\pm 20\%$ )

Bij invulling van gemeten en berekende waarden voor de tweede meting (alle meubelen afgedekt gedurende 107 uur per week) ten opzichte van de eerste meting (zonder nachtafdekking) vinden we:

Besparing =  $344,7 \pm 72,5$  kWh/week bij volledige nachtafdekking meubelen.

Met het rekenmodel kan worden berekend, dat van de totale besparing een aandeel van ca. 90 kWh/week moet worden toegeschreven aan het toepassen van nachtsparathermostaten.

Voor de derde serie metingen, waarbij alle meubelen behalve het vrieseland waren afgedekt gedurende gemiddeld 106 uur per week, vinden we op dezelfde wijze de volgende besparing:

Besparing =  $458,4 \pm 27,4$  kWh/week bij afdekking van alleen koelmeubelen.

Met het rekenmodel kan worden berekend, dat in dit geval van de totale besparing een aandeel van ca. 150 kWh/week kan worden toegeschreven aan de toepassing van nachtsparathermostaten.

De energiebesparing ten gevolge van de nachtafdekking alleen (dus exclusief nachtsparathermostaten) kan worden uitgedrukt in een percentage van het totale energieverbruik van de betreffende afgedekte meubelen:

Meting 2: besparing  $254,7 \pm 72,5$  kWh/week =  $13,0 \pm 3,7$  %

Meting 3: besparing  $308,4 \pm 27,4$  kWh/week =  $16,3 \pm 1,4$  %

Wanneer we aannemen dat de procentuele besparing (exclusief nachtsparathermostaat) nagenoeg onafhankelijk is van de temperatuur, kunnen we als werkelijke procentuele besparing het "overlappingsgebied" van de bovenstaande uitkomsten aanhouden:

Besparing (exclusief nachtsparathermostaten) =  $15,8 \pm 0,9$  %

Wanneer de besparing bij meting 3 wordt omgerekend naar de besparing voor alle meubelen, inclusief vriesmeubelen (op basis van de gevonden 15,8 % besparing), vinden we voor de besparing van alle op de centrale installatie aangesloten meubelen, voorzien van nachtafdekking:

Bij winkeltemperatuur 20,2 °C:  $398,7 \pm 17,6$  kWh/week ( $20,7 \times 10^3$  kWh/jaar)

Bij winkeltemperatuur 22,0 °C:  $491,3 \pm 38,2$  kWh/week ( $25,5 \times 10^3$  kWh/jaar)

Deze getallen zijn de basis voor de in het rapport genoemde besparingen.