

**ANRE-DEMONSTRATIEPROJECT:
KOUDE-WARMTEOPSLAG BIJ
KBC-BANK, LEUVEN**

Eindrapport

J. Van Bael, W. Luyckx, J. Stroobants en T. Daems

VITO

Juni 2001

SAMENVATTING

In het kader van de bevordering van nieuwe energietechnologieën (KB van 10/02/1983) heeft de Vlaamse overheid een subsidie toegekend van 5.387.516 BEF aan een hoofdkantoor van de KBC-bank in Leuven voor de investeringskosten van een koude-warmteopslagsysteem dat geïntegreerd wordt in de bestaande klimatiseringsinstallatie. Het koude-warmteopslagsysteem dat voorzien werd, bestaat uit 2 koude en 2 warme bronnen met voor elke bron een maximaal debiet van 50 m³/uur.

Vito voerde in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit. Gedurende een meetperiode van drie jaar (januari 1997 tot en met december 1999) werden de energiestromen bij KBC-Leuven op uurlijkse basis gemeten en geregistreerd. Op basis van deze metingen werden de technische prestaties van de technologie, de bereikte energiebesparing, de vermindering van CO₂-emissie en de rentabiliteit geëvalueerd.

Over de meetperiode van drie jaar heeft het KWO-systeem 4.992 draaiuren gemaakt waarbij 210.028 m³ grondwater verplaatst werd. Hiervan werd 89.467 m³ verplaatst voor het laden van koude, 116.345 m³ voor het ontladen van koude en 4.216 m³ voor het spuien. Het KWO-systeem heeft hierbij 94 MWh aan elektriciteit verbruikt, 2.316 GJ aan warmte geleverd en 2.620 GJ aan koude geleverd. Het grootste gedeelte van de koude (82%) werd geladen via de vijver, slechts een beperkt deel via de luchtvoorbehandelingsgroepen. De ontlading van de koude gebeurde hoofdzakelijk via de luchtvoorbehandelingsgroepen (57%).

De meetresultaten verschillen wel sterk van jaar tot jaar en ook ten opzichte van wat vooropgesteld werd.

grondwaterverplaatsing

Voor het koude laden werd er in 1997 (46.983 m³) meer dan dubbel zoveel grondwater verplaatst vergeleken met 1998 (21.324 m³) en 1999 (21.160 m³). In 1998 (66.862 m³) werd er daarentegen dubbel zoveel grondwater verplaatst voor het koude ontladen vergeleken met 1997 (35.912 m³). In 1999 werd weinig grondwater verplaatst voor koude ontladen (13.571 m³).

koude laden

In 1997 (1.039 GJ) werd veel meer koude geladen vergeleken met 1998 (668 GJ) en 1999 (608 GJ). Het verschil zit vooral in het laden via de luchtvoorbehandelingsgroepen. Daarnaast is er een duidelijk verschil tussen wat vooropgesteld werd en de praktijk. Er werd vooropgesteld dat 3.564 GJ/jaar aan koude zou geladen worden. In de praktijk blijkt dat slechts 289 GJ/jaar tot 608 GJ/jaar aan koude geladen werd. Dit is slechts 22% van wat vooropgesteld werd. De oorzaak ligt waarschijnlijk aan het feit dat het systeem gebruikt wordt om pieken op te vangen en niet om de basisvraag te dekken (zoals oorspronkelijk vooropgesteld) Verder blijkt er een verschil tussen de manier waarop geladen wordt. Er werd vooropgesteld dat een groot gedeelte van de koude (83%) via de

luchtvoorbehandelingsgroepen zou geladen worden. In de praktijk varieert dit echter tussen 16% en 21%. De vijver leverde dus in de praktijk een groot gedeelte van de koude.

koude ontladen

Ook qua koude ontladen zijn er verschillen tussen de jaren. In 1997 werd veel meer koude ontladen (1.400 GJ) dan 1998 (813 GJ) en 1999 (407 GJ) samen. In 1997 werd het grootste gedeelte van de koude (64%) gebruikt voor het verkoelen van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines. In de andere jaren (1998 – 1999) ligt deze verhouding anders: respectievelijk 18% en 20%. Er zijn duidelijke verschillen tussen de vooropgestelde energiehoeveelheden en de gemeten waarden zowel op het vlak van koude ontladen via verkoeling puls-lucht als koude ontladen via verkoeling van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines. Wanneer de som gemaakt wordt van de ontladen koude over de drie meetjaren (2.620 GJ), dan is dit kleiner dan wat vooropgesteld werd per jaar (3.564 GJ/jaar). Gemiddeld gezien werd slecht 25% bereikt ten opzichte van de vooropgestelde waarden. (43% voor het koude ontladen via verkoeling lucht en 16% voor het koude ontladen via verkoeling vijverwater condensoren). De reden hiervoor werd reeds vermeld.

De warmtevraag van het kantoorgebouw over de drie jaar samen bedroeg 41.626 GJ. De warmtevraag in 1997 (12.912 GJ/jaar) was ongeveer gelijk aan de warmtevraag in 1998 (12.847 GJ/jaar). In 1999 (15.867 GJ/jaar) was de totale warmtevraag 23% hoger ten opzichte van de vorige jaren. Het grootste gedeelte van de warmtevraag (99%) wordt gedekt met de ketels. Voorverwarming van de puls-lucht met KWO vormt slechts een klein gedeelte (1%).

De totale koudevraag van het kantoorgebouw bedroeg over de twee laatste meetjaren (1998+1999) 18.713 GJ. Het grootste gedeelte van de koudeproductie (95%) gebeurt met de koelmachines, de verkoeling van de lucht met KWO vertegenwoordigt 5% in de totale koudevraag van het gebouw. De totale koudevraag van het kantoorgebouw op jaarbasis verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1999 (8.040 GJ) lag de koudevraag 25% lager dan in 1998 (10.673 GJ). Van 1997 zijn geen volledige gegevens beschikbaar.

Over de drie meetjaren werd met het KWO-systeem een primaire energiebesparing van 59% of 1.128 GJ gerealiseerd ten opzichte van de referentiesituatie. Het primair energieverbruik van het KWO-systeem verschilt wel sterk van jaar tot jaar. In 1998 werd 297 GJ/jaar verbruikt door de KWO, in 1999 187 GJ/jaar. Ook het primair energieverbruik in de referentiesituatie verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1997 zou 1.009 GJ/jaar nodig geweest zijn, in 1999 slechts 324 GJ/jaar.

Over de drie jaar samen werd de uitstoot van CO₂ met 76 ton of 57% gereduceerd ten opzichte van de referentiesituatie.

De gemiddelde energiekostenbesparing van het KWO-systeem op jaarbasis is 492.000 BEF/jaar. Voor onderhoud is de gemiddelde meerkost op jaarbasis 118.000 BEF/jaar. Met een nettomeerinvestering van 13.276.000 BEF geeft dit een terugverdientijd van de KWO-investering van 35,5 jaar (exclusief subsidie). Wanneer de subsidie mee in rekening gebracht wordt, dan bedraagt de terugverdientijd 21,1 jaar. Deze terugverdientijd is hoog voor een dergelijke installatie. Bij KBC ligt de klemtoon dan ook bij de bedrijfszekerheid van de koeling van het gebouw.

INHOUD

SAMENVATTING	2
1 INLEIDING	5
2 TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE.....	6
2.1 PROBLEEMSTELLING.....	6
2.2 INTEGRATIE VAN HET KOUDE-WARMTEOPSLAGSYSTEEM.....	6
3 METINGEN EN REGISTRATIE VAN DE ENERGIESTROMEN	9
3.1 METINGEN OP HET KOUDE-WARMTEOPSLAGSYSTEEM	9
3.2 METINGEN OP DE BESTAANDE INSTALLATIE	9
4 TECHNISCHE EVALUATIE.....	11
4.1 GRONDWATERVERPLAATSING KWO.....	11
4.2 ONTTREKKINGS- EN INJECTIETEMPERATUREN GRONDWATER.....	16
4.3 LADEN VAN KOUDE	20
4.4 ONTLADEN VAN KOUDE.....	24
4.5 ELEKTRICITEITSVERBRUIK KWO	29
4.6 WARMTEVRAAG KBC-LEUVEN.....	34
4.7 KOUDEVRAAG BIJ KBC-LEUVEN.....	38
5 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO₂-REDUCTIE.....	43
5.1 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING.....	43
5.2 REDUCTIE VAN DE CO ₂ -EMISSIE	47
6 ECONOMISCHE EVALUATIE	50
7 MENING VAN DE EIGENAAR KBC.....	52
8 BESLUIT.....	53

1 INLEIDING

Cera-Bank, ondertussen KBC-Bank, is een financiële instelling die actief is op alle deelgebieden van de financiële dienstverlening voor zowel privé- als beroepscliënteel. Eén van de hoofdkantoren is gelegen te Leuven nabij de autosnelweg E314. In de jaren 1994-1995-1996 is gebleken dat de bestaande koelinfrastructuur (koelinstallatie - vijver) onvoldoende is om aan de koelvraag te voldoen. 's Zomers kon de warmte toegevoegd aan het vijverwater (door de condensoren van de koelmachines) onvoldoende op natuurlijke weg afgevoerd worden waardoor de vijverwatertemperatuur steeg tot boven de ontwerp temperatuur van de installatie. Om dit probleem op te lossen heeft KBC besloten om over te gaan tot de integratie van een koude-warmteopslagsysteem in de bestaande klimaatregelingsinstallatie. Het systeem bestaat uit 2 koude en 2 warme bronnen met voor elke bron een maximaal debiet van 50 m³/h.

In het kader van de bevordering van nieuwe energietechnologieën (KB van 10/02/1983) heeft de Vlaamse overheid een subsidie toegekend van 5.387.516 BEF aan een hoofdkantoor van de KBC-bank in Leuven voor de investeringskosten van dit systeem.

Het demonstratieproject werd goedgekeurd begin 1996 en de installatie werd in bedrijf genomen in november 1996.

Vito voerde in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit. Gedurende een periode van 3 jaar werden de energiestromen op uurbasis gemeten en geregistreerd. Op basis van deze metingen werden de technische prestaties van de technologie, de bereikte energiebesparing, de vermindering van de CO₂-emissie en de rentabiliteit geëvalueerd.

Dit eindrapport handelt over de metingen uitgevoerd tijdens de driejarige meetperiode (januari 1997 tot en met december 1999). In hoofdstuk 2 wordt een technische beschrijving gegeven van het koude-warmteopslagsysteem. In het volgende hoofdstuk komt de meetprocedure aan bod en in hoofdstuk 4 worden de meetgegevens weergegeven en geanalyseerd. Hoofdstuk 5 geeft de primaire energiebesparing en de reductie van de CO₂-emissie weer. De economische evaluatie wordt behandeld in hoofdstuk 6 en de mening van de eigenaar KBC over de installatie wordt weergegeven in hoofdstuk 7. In het laatste hoofdstuk wordt het besluit geformuleerd.

2 TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE

2.1 Probleemstelling

In de jaren 1994-1995-1996 is gebleken dat de bestaande koelinfrastructuur (een koelinstallatie en een vijver) onvoldoende was om in de zomermaanden aan de koelvraag te voldoen onder meer omwille van de stijging van de interne warmtelasten:

- mainframe terminals werden meer en meer vervangen door PC-netwerken in de kantoorzones;
- ten gevolge van verdere automatisering en informatisering werden op de logistieke diensten modernere en krachtigere apparatuur geïnstalleerd;
- ten behoeve van het PC-netwerk diende de ondersteunende netwerkapparatuur constant te worden aangepast en uitgebreid.

Door de toename van de warmtelasten moet de koelinstallatie meer koeling leveren, waarbij op piekmomenten zelfs de maximale capaciteit gevraagd wordt. Alle door de koelinstallatie onttrokken warmte wordt door de condensoren vrijgegeven aan het vijverwater. In de warme zomerperiodes bleek dat de condensorwarmte onvoldoende via het vijverwater op een natuurlijke weg kon worden afgevoerd naar de omgeving. Hierdoor steeg de vijverwatertemperatuur soms boven de ontwerptemperatuur van de installatie waardoor de capaciteit van de koelmachines daalde. Om dit probleem op te lossen werd besloten om een koude-warmteopslagsysteem te integreren in de bestaande installatie.

2.2 Integratie van het koude-warmteopslagsysteem

Een koude-warmteopslagsysteem bestaat uit een koude en een warme bron waarbij grondwater van de ene bron naar de andere bron gepompt wordt. In de zomer, als er vraag is naar koeling, wordt water uit de koude bron opgepompt en door warmtewisselaars geleid waarbij de koude afgegeven wordt (of de warmte opgenomen wordt). Vervolgens wordt het opgewarmde grondwater geïnjecteerd in de warme bron. In de winter wordt er omgekeerd tework gegaan. Het (warme) grondwater uit de warme bron wordt opgepompt, geeft zijn warmte af in de warmtewisselaars en wordt als (koud) grondwater geïnjecteerd in de koude bron.

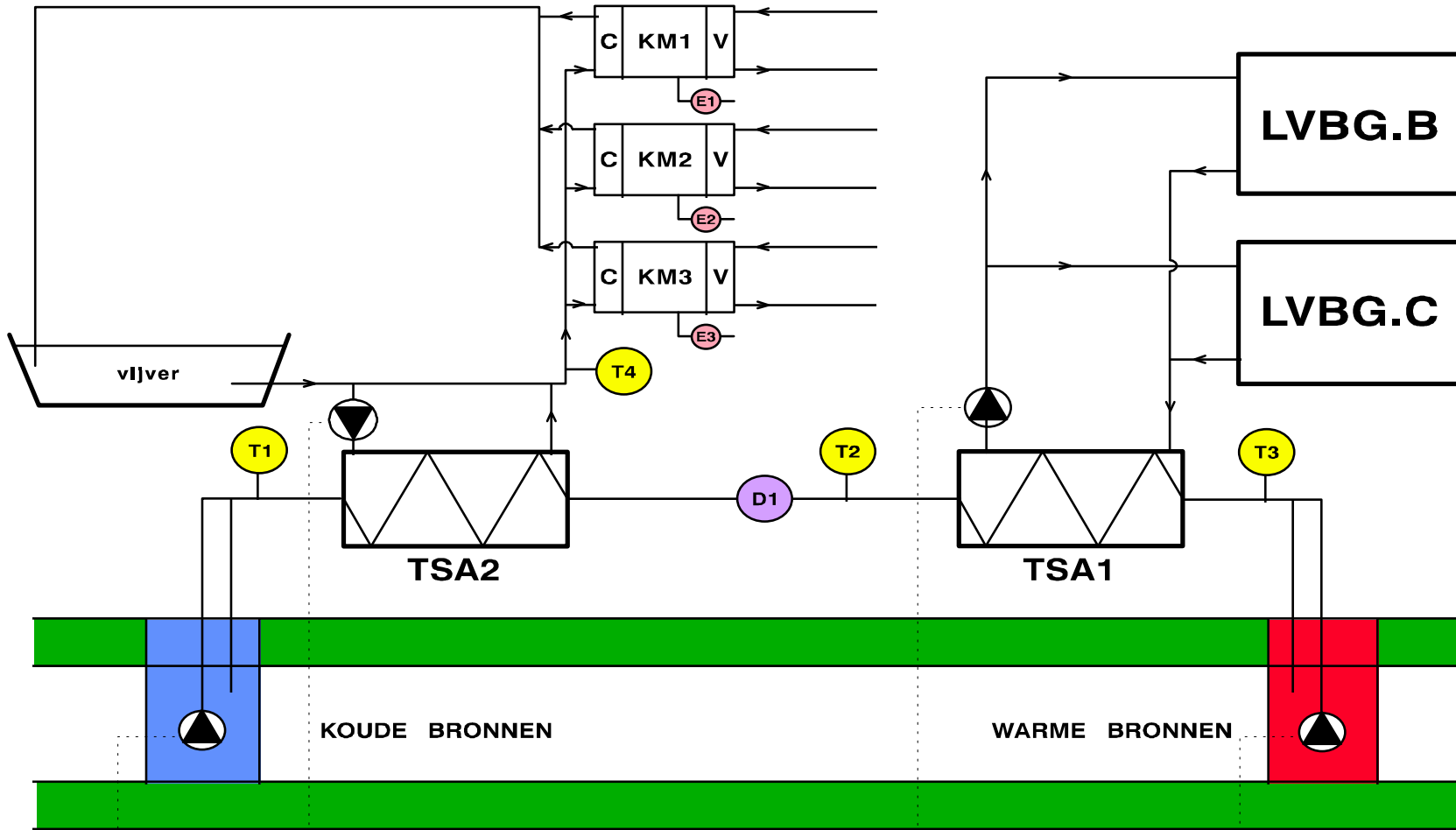
Het koude-warmteopslagsysteem bij KBC te Leuven bestaat uit 2 warme bronnen en 2 koude bronnen met voor elke bron een maximaal debiet van 50 m³/uur. De afstand tussen de warme bronnen en de koude bronnen bedraagt ongeveer 150 m en de diepte van elke bron is gemiddeld 65 meter. Het grondwaterdebiet kan in trappen gevarieerd worden: 35 m³/h, 65 m³/h en 100 m³/h. Het koude-warmteopslagsysteem wordt als volgt geïntegreerd in de bestaande klimatisatieinfrastructuur (zie figuur 2.1):

In de zomerperiode wordt indien nodig het vijverwater voor de condensoren gekoeld tot 24,5°C met koelenergie afkomstig van het koude-warmteopslagsysteem (schatting: 670 MWh_{th}/jaar) waardoor de capaciteit en het rendement van de bestaande koelinstallatie niet meer zou verlagen bij warme dagen.

Daarnaast wordt de aangezogen buitenlucht voorgekoeld in de luchtvoorbehandelingsgroepen eveneens met energie afkomstig van het koude-

warmteopslagsysteem (schatting: 320 MWh_{th}/jaar). De verdere koeling van de lucht gebeurt met koude geleverd door de bestaande koelinstallatie. Doordat de lucht reeds voorgekoeld wordt, daalt de koellast van de bestaande koelinstallatie.

In de winterperiode wordt de aangezogen buitenlucht voorverwarmd in de luchtvoorbehandelingsgroepen met warmte afkomstig van het opslagsysteem (schatting: 820 MWh_{th}/jaar). Hierdoor is de lucht reeds op een hogere temperatuur zodat minder energie nodig is om de gewenste binnentemperatuur te bereiken. De hoeveelheid warmte die geleverd moet worden door de verwarmingsketels daalt hierdoor wat een gunstig effect heeft op de aardgasfactuur. Verder werd de mogelijkheid voorzien om koude te laden met behulp van het vijverwater.



E4

C: Condensor
 V: Verdamer
 KM: Koelmachine

TSA: Tegenstroomapparaat
 LVBG: Luchtvoorbehandelingsgroep
 T: Temperatuurmeter

D: Debietmeter
 E: Elektriciteitsmeter

3 METINGEN EN REGISTRATIE VAN DE ENERGIESTROMEN

Figuur 2.1 geeft naast het principeschema van de installatie eveneens een grafisch overzicht van de ingebouwde meetapparatuur.

3.1 Metingen op het koude-warmteopslagsysteem

meting van de energie-uitwisseling in warmtewisselaar TSA1

Via de elektromagnetische debietsmeting D1 en via de temperatuuropnemers T2 (pt100) en T3 (pt100) kan de hoeveelheid warmte of koude geleverd aan de luchtvoorbehandelingsgroepen gemeten worden.

meting van de energie-uitwisseling in warmtewisselaar TSA2

Via de debietsmeting D1 en de temperatuurmetingen T1 (pt100) en T2 kan de hoeveelheid warmte of koude geleverd aan het vijverwater gemeten worden. In de zomer wordt het vijverwater voor de condensors indien nodig gekoeld, in de winter wordt indien mogelijk koude geladen via het vijverwater.

meting van het elektriciteitsverbruik van het koude-warmteopslagsysteem

De ingebouwde elektriciteitsmeter E4 meet het energieverbruik (in kWh) van de verschillende verbruikers met betrekking tot het koude-warmteopslagsysteem (pompen, regel- en sturingssysteem,...).

De hierboven vermelde gegevens worden op uurlijkse basis opgemeten en geregistreerd via het data-opslagsysteem van het GBS (Gebouw Beheer Systeem) van KBC. Deze gegevens worden maandelijks door KBC op diskette geplaatst en toegestuurd naar Vito.

3.2 Metingen op de bestaande installatie

meting van het elektriciteitsverbruik van de bestaande koelinstallatie

De bestaande koelinstallatie (3 koelmachines) levert, naast het koude-warmteopslagsysteem, een gedeelte van de benodigde koeling. Om een idee te hebben van de geleverde koeling door deze koelmachines, wordt het elektriciteitsverbruik van elk van de 3 compressoren opgemeten. Via rendementsgegevens (COP) van de leverancier van de koelmachines en via de metingen van de elektriciteitsverbruiken, kan de geleverde koeling bepaald worden. Normaal was voorzien om de geleverde koeling te meten met behulp van de reeds ingebouwde calorimeters. De meetwaarden bekomen met die meters bleken echter sterk af te wijken van de mogelijke waarden. Het opnieuw in orde brengen van de meetapparatuur was praktisch zeer moeilijk.

De meting en registratie van de elektriciteitsverbruiken van de koelmachines gebeurt op analoge wijze als beschreven in 3.1. De aanpassingen in het GBS zijn gebeurd in september 1997 zodat pas vanaf oktober 1997 deze elektriciteitsverbruiken beschikbaar zijn.

meting van de temperatuur van het vijverwater net voor intrede in de condensors

Om na te gaan of de temperatuur van het vijverwater net voor intrede in de condensors voldoende laag blijft (24,5°C) werden temperatuursensoren aangebracht op de betreffende plaatsen.

meting van de warmte geleverd door de ketels

Om een idee te hebben van het aandeel van de warmte geleverd door het koude-warmteopslagsysteem in de totale warmtevraag, worden de maandelijkse gasfacturen van de verwarmingsketels gebruikt. KBC heeft ook nog een aardgasverbruik in de keuken, maar dit verbruik wordt geregistreerd en gefactureerd via een aparte aardgasmeter. Uitgaande van deze gasfacturen en de hoeveelheid warmte geleverd door het koude-warmteopslagsysteem kan de totale maandelijkse warmtevraag bepaald worden.

4 TECHNISCHE EVALUATIE

De installatie bij KBC-Bank werd in gebruik genomen in november 1996. Op dat ogenblik was de installatie nog niet volledig voltooid, o.a. de metingen en registratie van de parameters diende nog op punt gesteld te worden door de leverancier. Vandaar dat er pas gegevens beschikbaar zijn vanaf de maand januari 1997. De resultaten in dit rapport weergegeven hebben betrekking op de maanden januari 1997 tot en met december 1999.

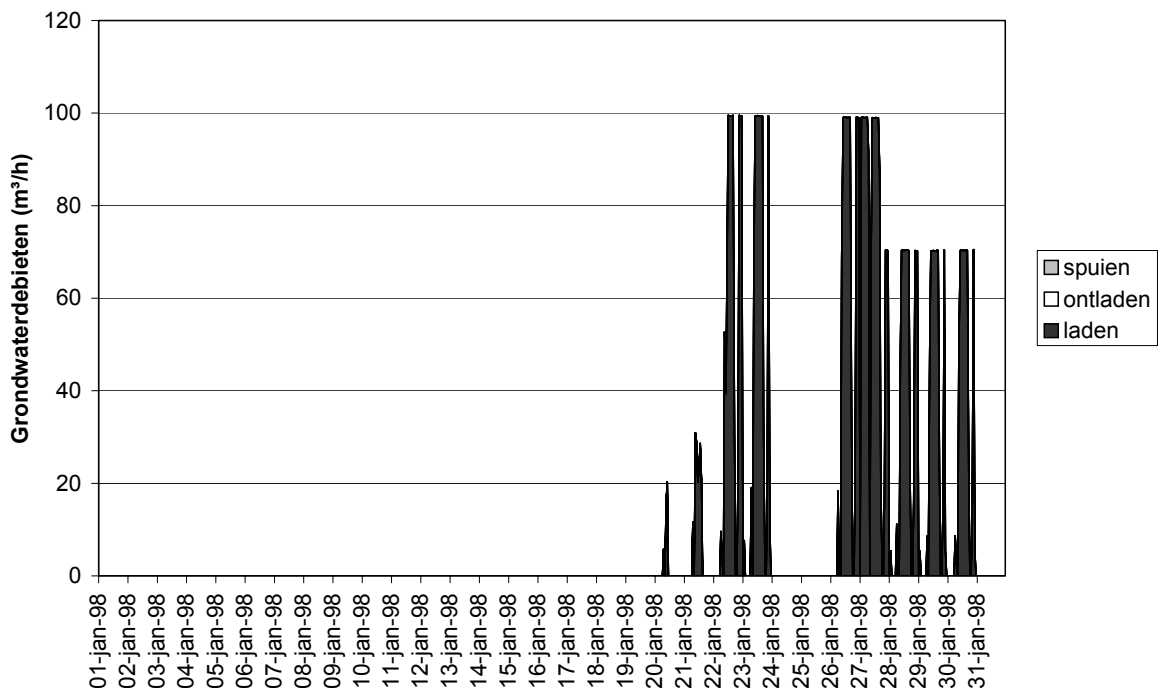
4.1 Grondwaterverplaatsing KWO

Bij het laden van koude in de winter wordt grondwater opgepompt uit de warme bronnen en naar de warmtewisselaar TSA1 geleid. Indien de luchtvoorbehandelingsgroepen in werking zijn, zal het grondwater afgekoeld worden. Het grondwater wordt vervolgens in TSA2 verder afgekoeld via het vijverwatercircuit. Het grondwater wordt vervolgens geïnjecteerd in de koudebronnen.

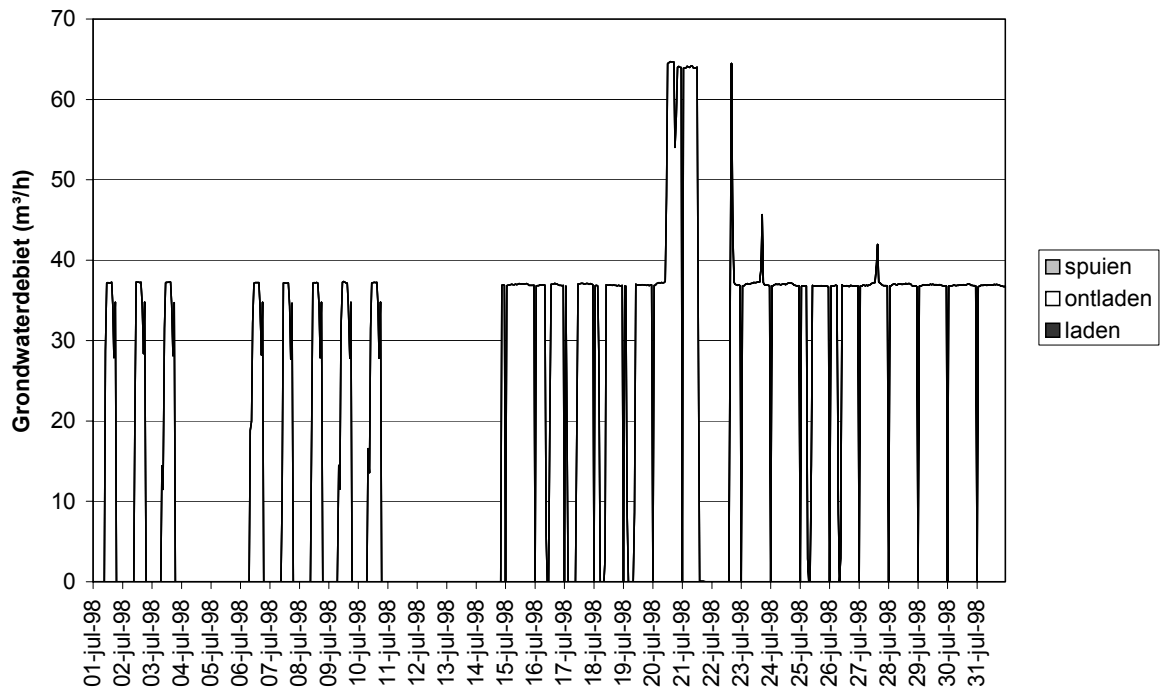
Bij het ontladen in de zomer wordt de omgekeerde weg gevolgd. Grondwater wordt opgepompt uit de koude bronnen en gebruikt voor het verkoelen van de lucht in de luchtvoorbehandelingsgroepen en voor het verkoelen van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines indien de vijverwatertemperatuur te hoog is.

Om de grondwaterbronnen te reinigen wordt er op bepaalde tijdstippen gespuid.

Figuur 4.1 en figuur 4.2 geven de grondwaterdebieten voor de maanden januari 1998 en juli 1998.



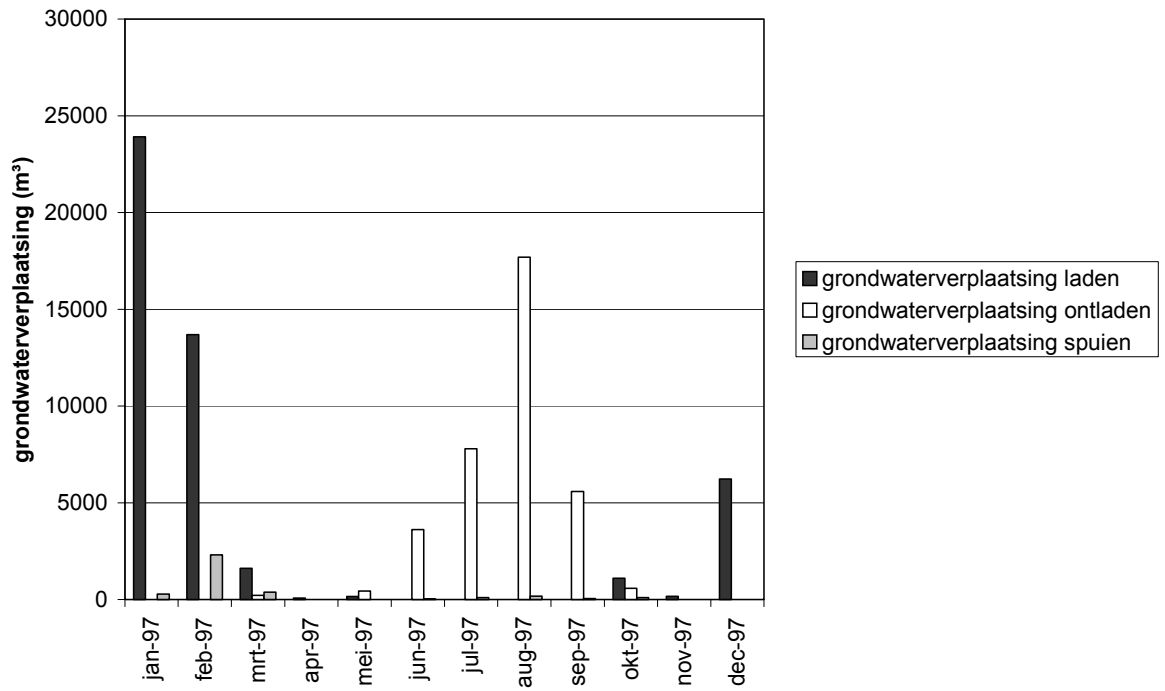
Figuur 4.1: Grondwaterdebiet januari 1998



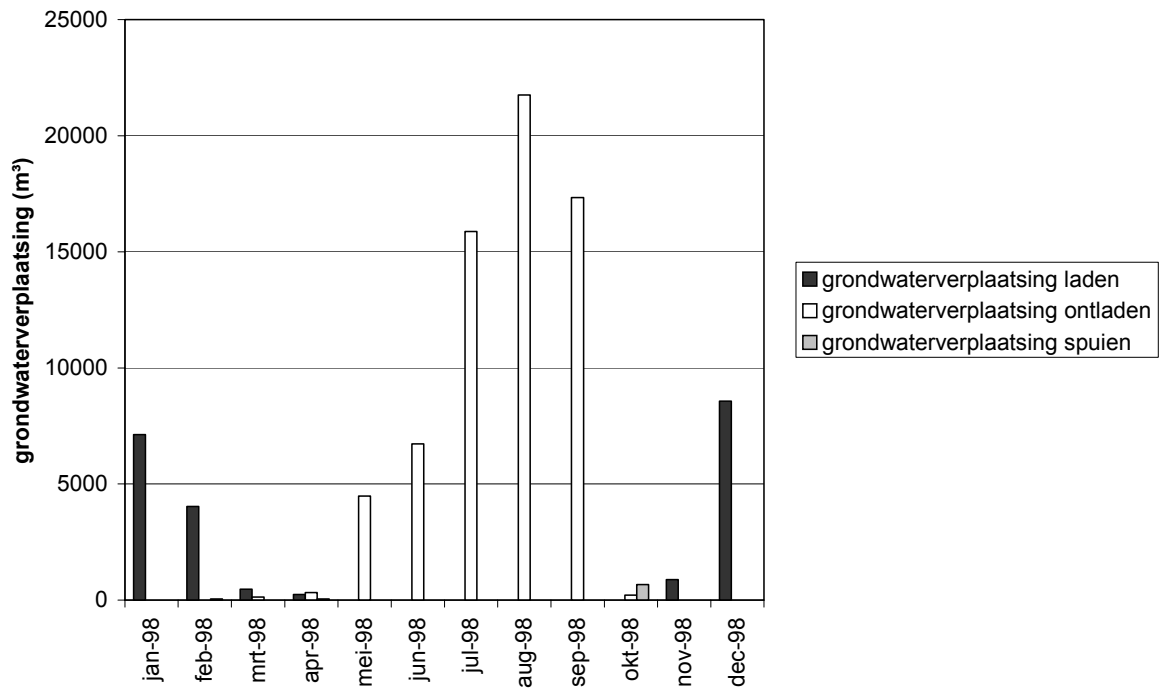
Figuur 4.2: Grondwaterdebiet juli 1998

Uit deze figuren blijkt duidelijk dat er in discrete stappen gewerkt wordt: 35 m³/h, 65 m³/h en 100 m³/h. Het debiet wordt geregeld op basis van de warmtevraag / koudevraag van het gebouw.

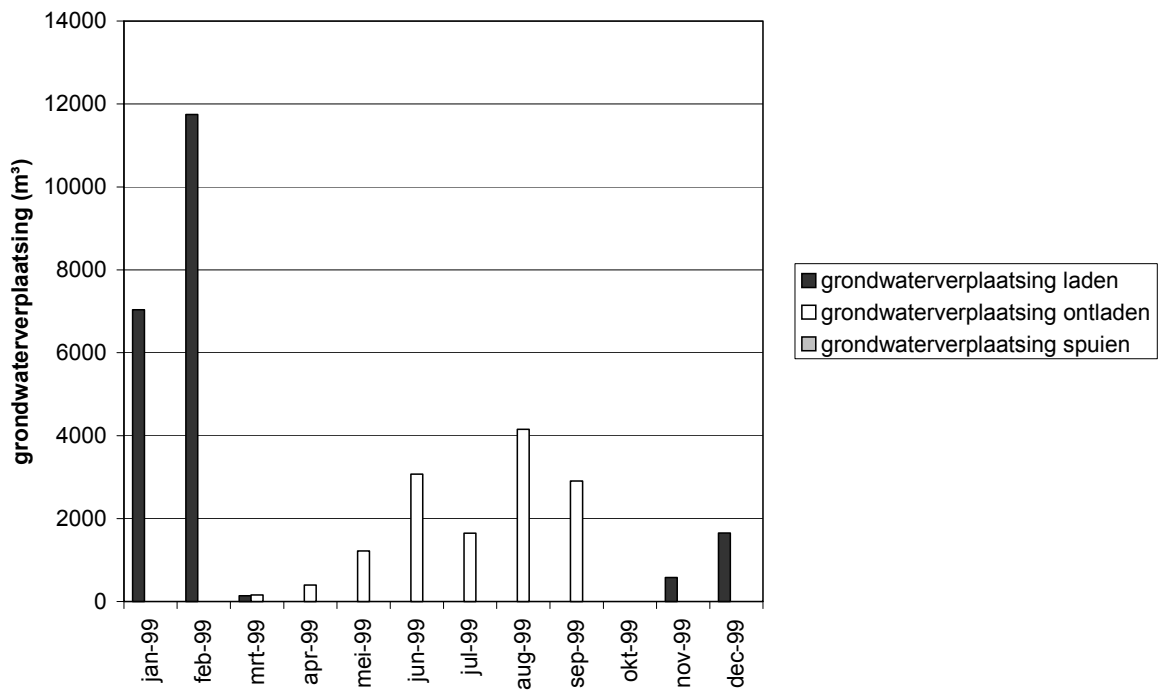
Figuur 4.3, 4.4 en 4.5 geven een overzicht van de grondwaterverplaatsingen in respectievelijk 1997, 1998 en 1999. De gedetailleerde maandgegevens staan in bijlage 1.



Figuur 4.3: Grondwaterverplaatsingen in 1997



Figuur 4.4: Grondwaterverplaatsingen in 1998

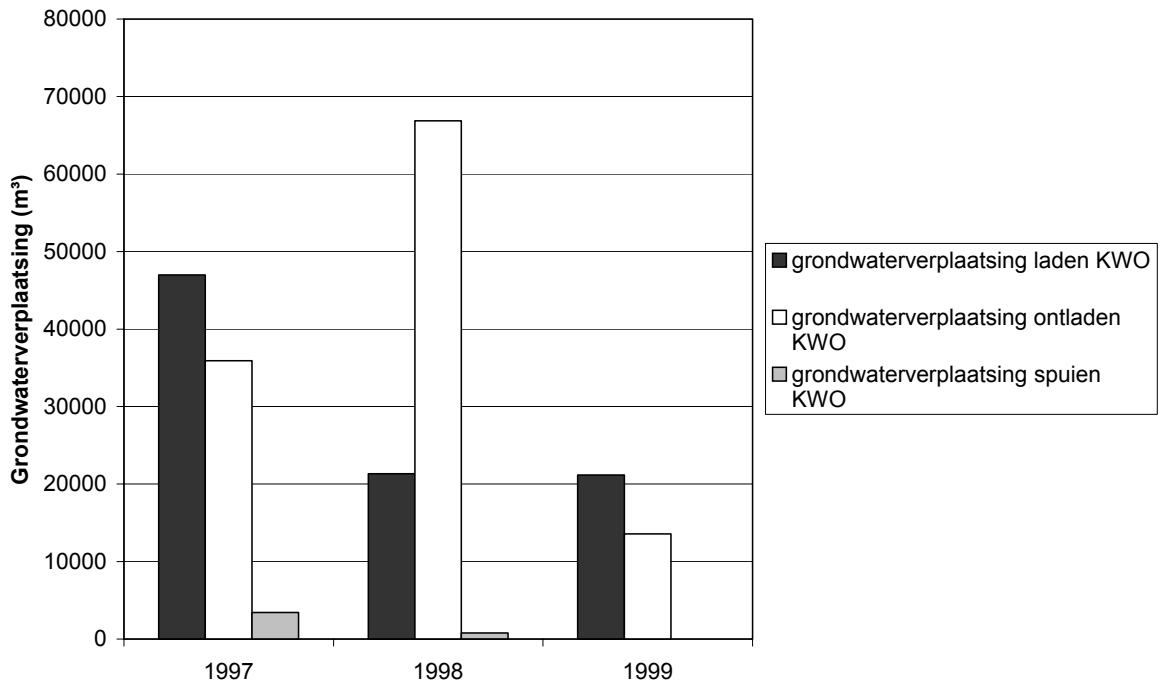


Figuur 4.5: Grondwaterverplaatsingen in 1999

Uit deze figuren blijkt duidelijk dat in de maanden januari, februari, november en december koude geladen wordt en dat in de maanden april, mei, juni, juli, augustus en september koude ontladen wordt. Tabel 4.1 en figuur 4.6 geven een overzicht op jaarbasis.

Tabel 4.1: Grondwaterverplaatsingen op jaarbasis 1997-1998-1999

	grondwater- verplaatsing laden (m ³)	grondwater- verplaatsing ontladen (m ³)	grondwater- verplaatsing spuien (m ³)	grondwater- verplaatsing totaal (m ³)
1997	46.983	35.912	3.440	86.335
1998	21.324	66.862	776	88.962
1999	21.160	13.571	0	34.731
totaal	89.467	116.345	4.216	210.028



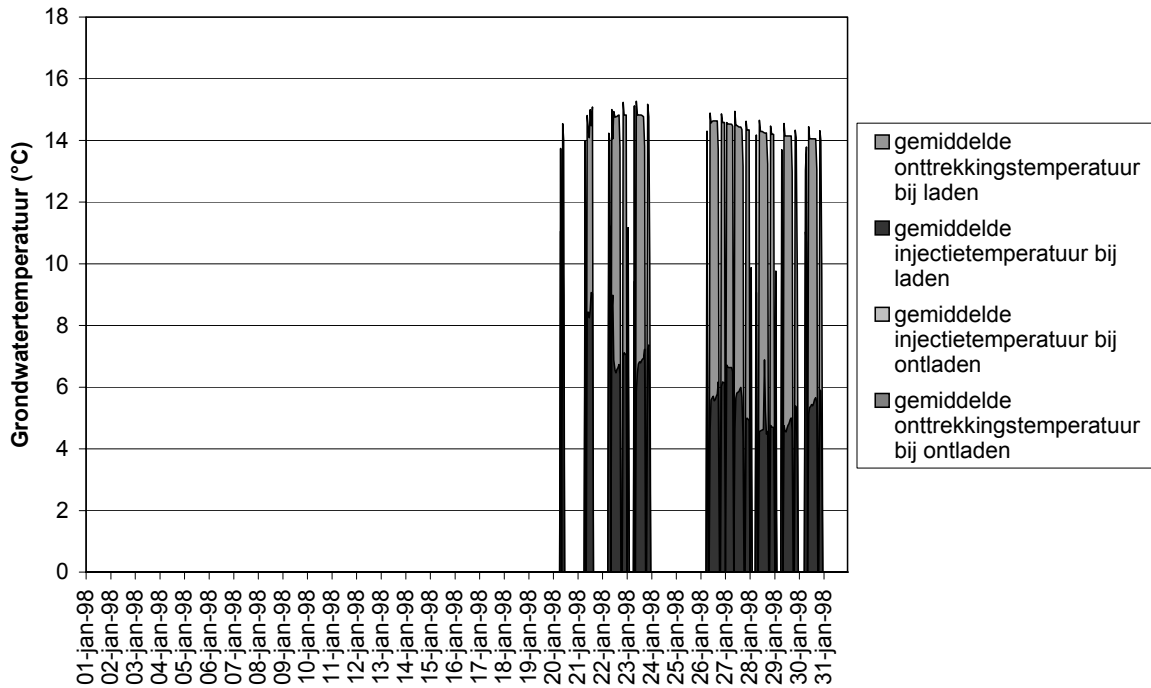
Figuur 4.6: Grondwaterverplaatsingen op jaarbasis 1997-1998-1999

In totaal (1997+1998+1999) werd 210.028 m³ grondwater verplaatst waarvan 89.467 m³ voor het laden van koude, 116.345 m³ voor het ontladen van koude en 4.216 m³ spui.

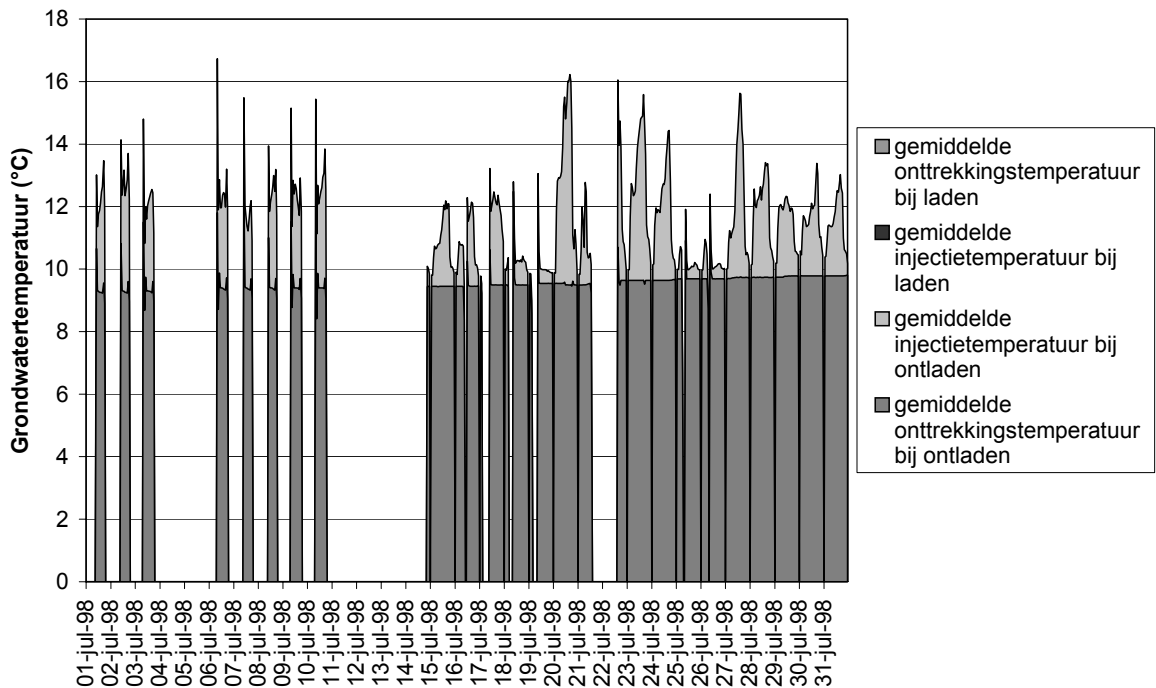
De grondwaterverplaatsingen verschillen sterk van jaar tot jaar. Voor het koude laden werd er in 1997 (46.983 m³) meer dan dubbel zoveel grondwater verplaatst vergeleken met 1998 (21.324 m³) en 1999 (21.160 m³). In 1998 (66.862 m³) werd er daarentegen dubbel zoveel grondwater verplaatst voor het koude ontladen vergeleken met 1997 (35.912 m³). In 1999 werd weinig grondwater verplaatst voor koude ontladen (13.571 m³). Qua spuien zijn er ook duidelijk verschillen tussen de drie jaren. In 1997 (3.440 m³) bedroeg de spuihoeveelheid 4 keer meer dan in 1998 (776 m³). In 1999 werd blijkbaar niet gespuid. De verschillen in spui hebben volgens KBC te maken met het verstopen van de bronnen waardoor soms meer gespuid moest worden.

4.2 Onttrekkings- en injectietemperaturen grondwater

Figuur 4.7 en figuur 4.8 geven de onttrekkings- en injectietemperaturen voor de maanden januari 1998 en juli 1998. In januari 1998 werd koude geladen. Uit de warme bronnen wordt grondwater onttrokken, de warmte wordt gebruikt in de luchtvoorbehandelingsgroepen en de rest wordt afgegeven aan het vijverwatercircuit. In juli 1998 werd koude ontladen. De koude wordt gebruikt in de luchtvoorbehandelingsgroepen en voor het verkoelen van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines.



Figuur 4.7: Onttrekkings- en injectietemperatuur in de maand januari 1998

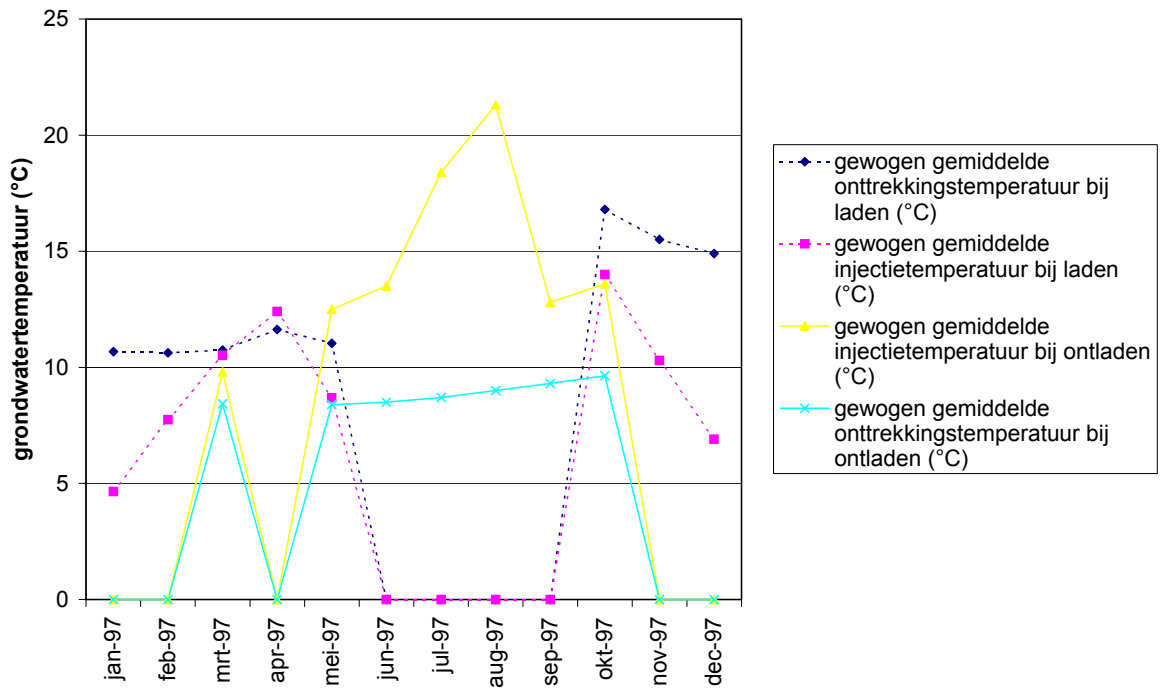


Figuur 4.8: Onttrekkings- en injectietemperatuur in de maand juli 1998

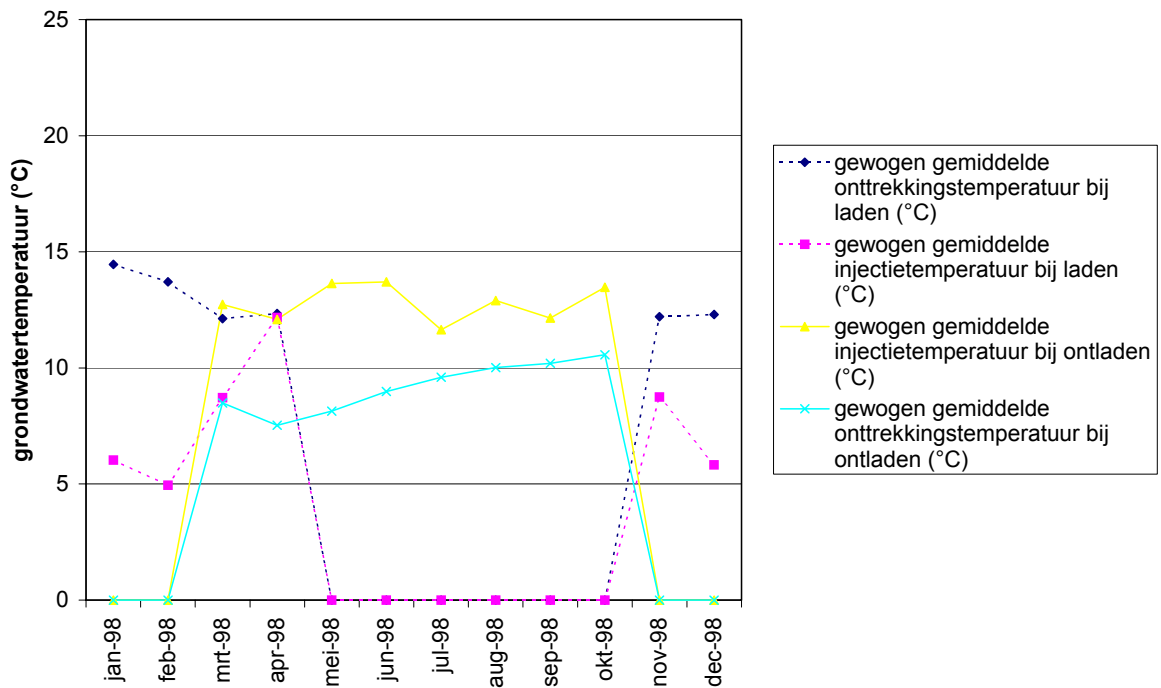
Uit figuur 4.7 blijkt duidelijk dat bij laden de onttrekkingstemperatuur uit de warme bronnen daalt in functie van de tijd. Hoe meer warmte gebruikt wordt, hoe lager de temperatuur in de warme bronnen. De injectietemperatuur fluctueert sterk in functie van de tijd. Deze temperatuur hangt immers af van het grondwaterdebiet, de onttrekkingstemperatuur, de temperatuur van het vijverwater, de buitentemperatuur en het debiet aan pulsielucht.

Bij koude ontladen (figuur 4.8) stijgt de onttrekkingstemperatuur van de koudebronnen in functie van de tijd. Hoe meer koude verbruikt wordt, hoe hoger de temperatuur in de koude bronnen. De injectietemperatuur in de warme bronnen fluctueert sterk in functie van de tijd en hangt af van het grondwaterdebiet, de onttrekkingstemperatuur, de buitentemperatuur, het debiet aan pulsielucht, de vijverwatertemperatuur en de afgegeven hoeveelheid warmte door de condensors.

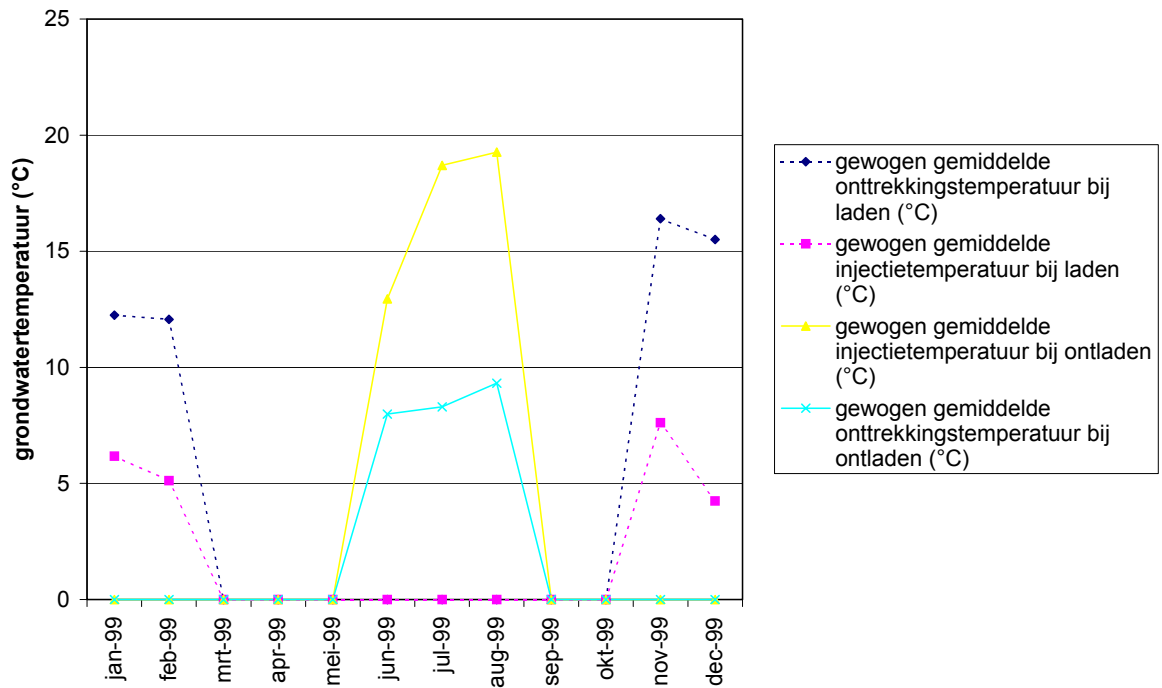
Figuren 4.9, 4.10 en 4.11 geven de gemiddelde onttrekkings- en injectietemperaturen (gewogen naar het grondwaterdebiet) bij laden en ontladen voor respectievelijk 1997, 1998 en 1999.



Figuur 4.9: Gemiddelde onttrekkings- en injectietemperaturen in 1997



Figuur 4.10: Gemiddelde onttrekkings- en injectietemperaturen in 1998



Figuur 4.11: Gemiddelde onttrekkings- en injectietemperaturen in 1999

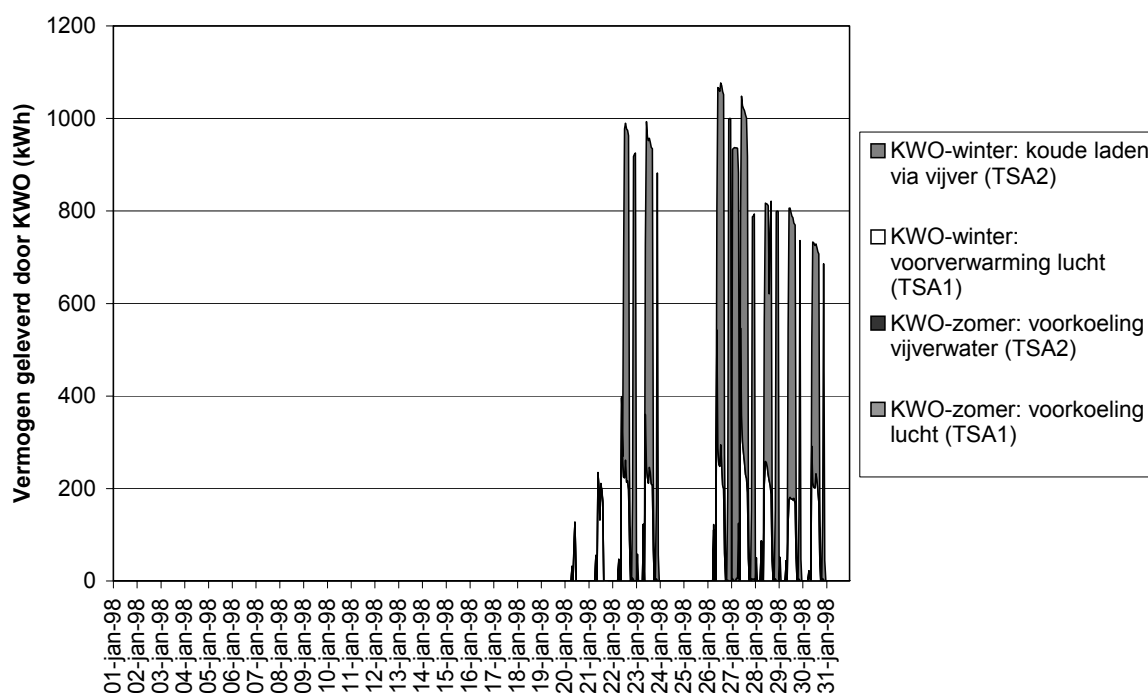
Uit de figuren blijkt dat bij koude laden de onttrekkingstemperatuur tussen 11°C en 16°C ligt en de injectietemperatuur meestal tussen 5°C en 10°C ligt. Bij koude ontladen ligt de onttrekkingstemperatuur meestal tussen 7°C en 11°C en de injectietemperatuur tussen 12°C en 20°C. De evolutie van de onttrekkingstemperaturen bij laden en ontladen zijn duidelijk zichtbaar.

4.3 Laden van koude

Het laden van koude in de winter kan op 3 manieren gebeuren:

1. via het vijverwater indien de temperatuur van het vijverwater voldoende laag is;
2. via de luchtvoorbehandelingsgroepen indien de buitentemperatuur voldoende laag;
3. via de luchtvoorbehandelingsgroepen en het vijverwater indien zowel de buitentemperatuur als de vijverwatertemperatuur voldoende laag zijn.

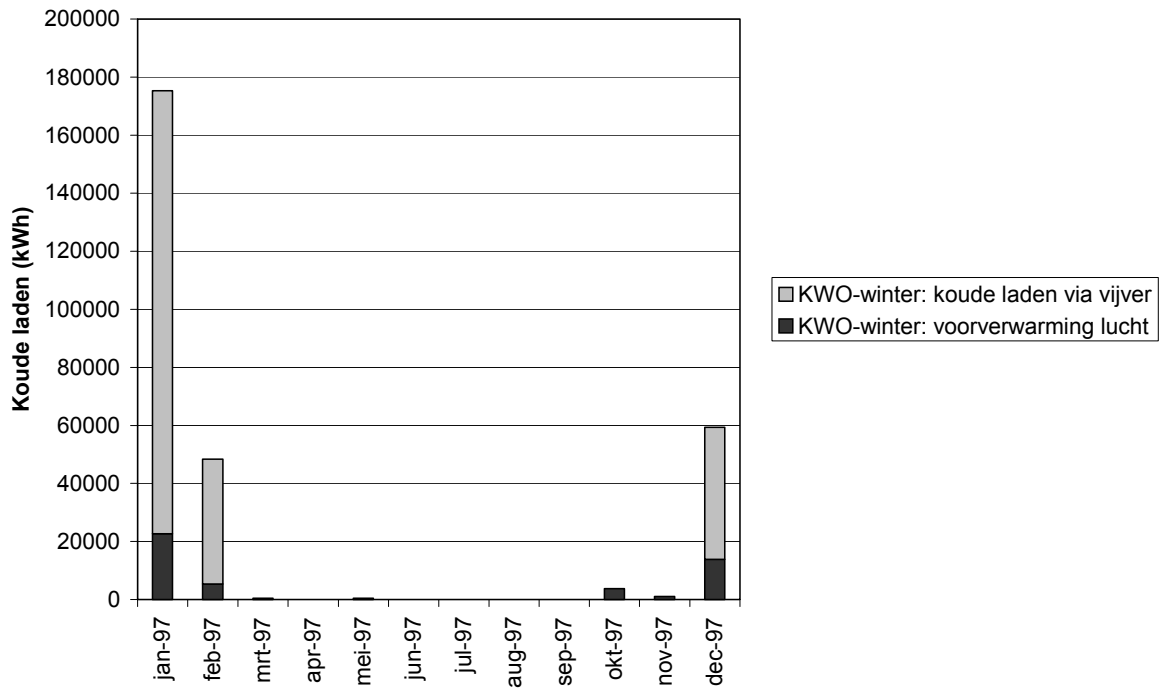
Figuur 4.12 geeft het thermisch vermogen van het KWO-systeem bij laden (maand januari 1998).



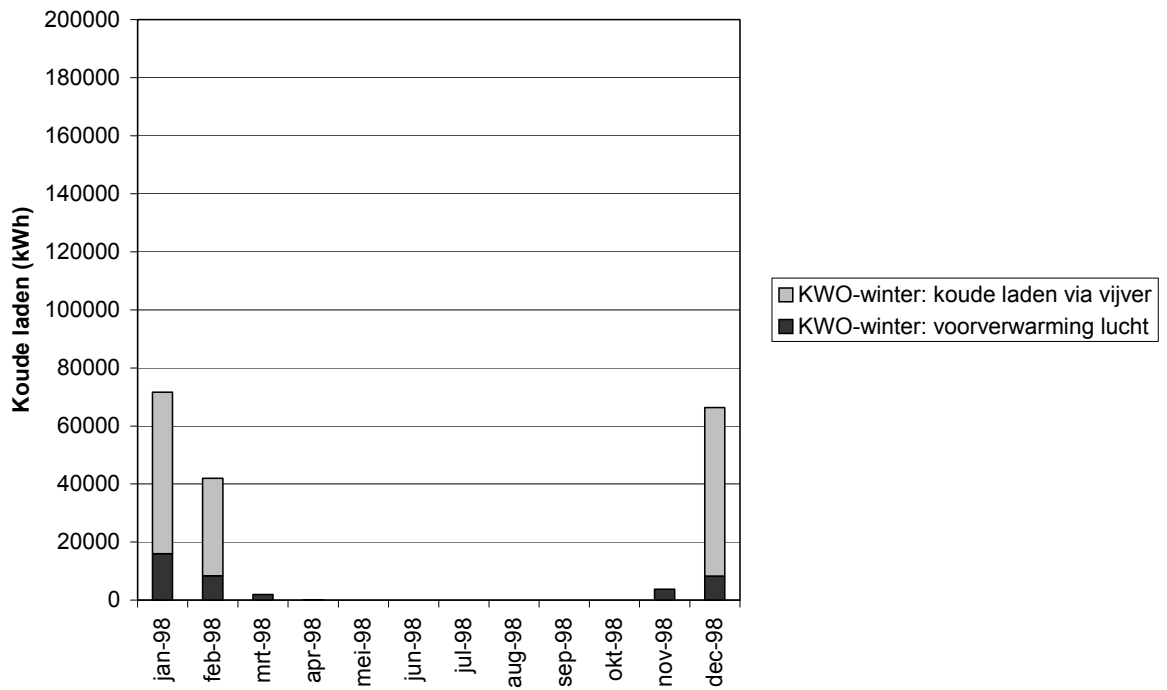
Figuur 4.12: Thermisch vermogen van de KWO in januari 1998

Uit figuur 4.12 blijkt dat het thermisch vermogen van de KWO tot 1.050 kW bij laden kan bedragen. Een groot gedeelte van de koude (78%) werd geladen via de vijver, de rest werd geladen via de luchtvoorbehandelingsgroepen.

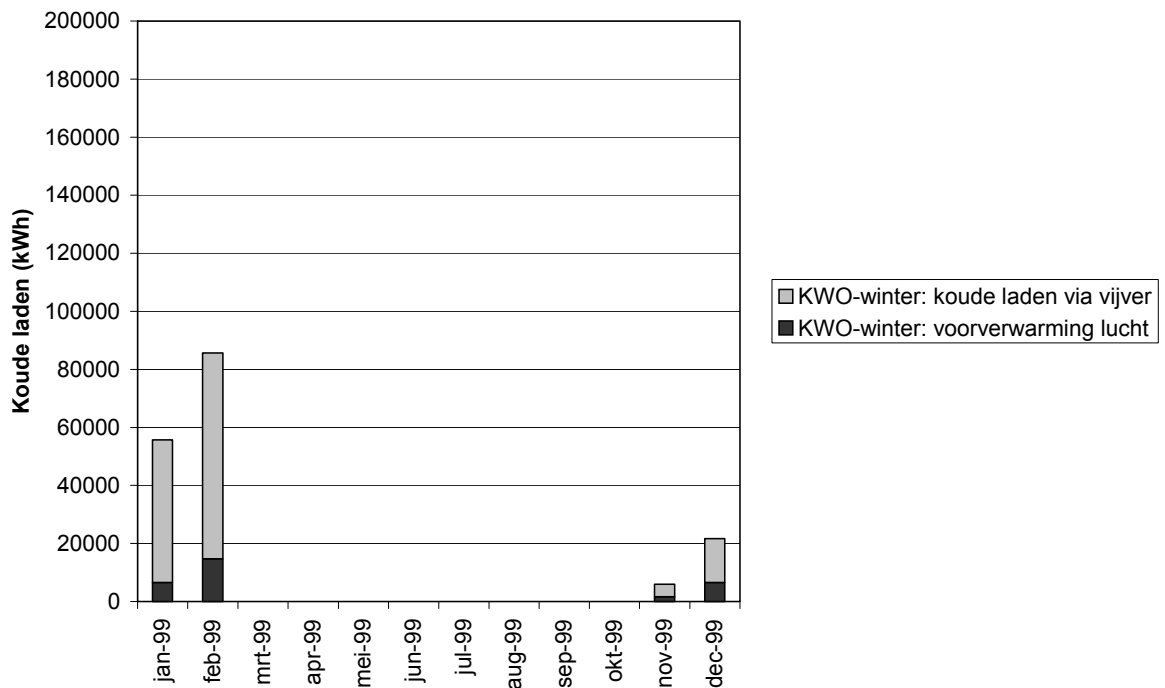
De figuren 4.13, 4.14 en 4.15 geven een overzicht op maandbasis van de koude die geladen werd voor respectievelijk 1997, 1998 en 1999. De gedetailleerde maandgegevens staan in bijlage 1.



Figuur 4.13: Laden van koude in 1997



Figuur 4.14: Laden van koude in 1998



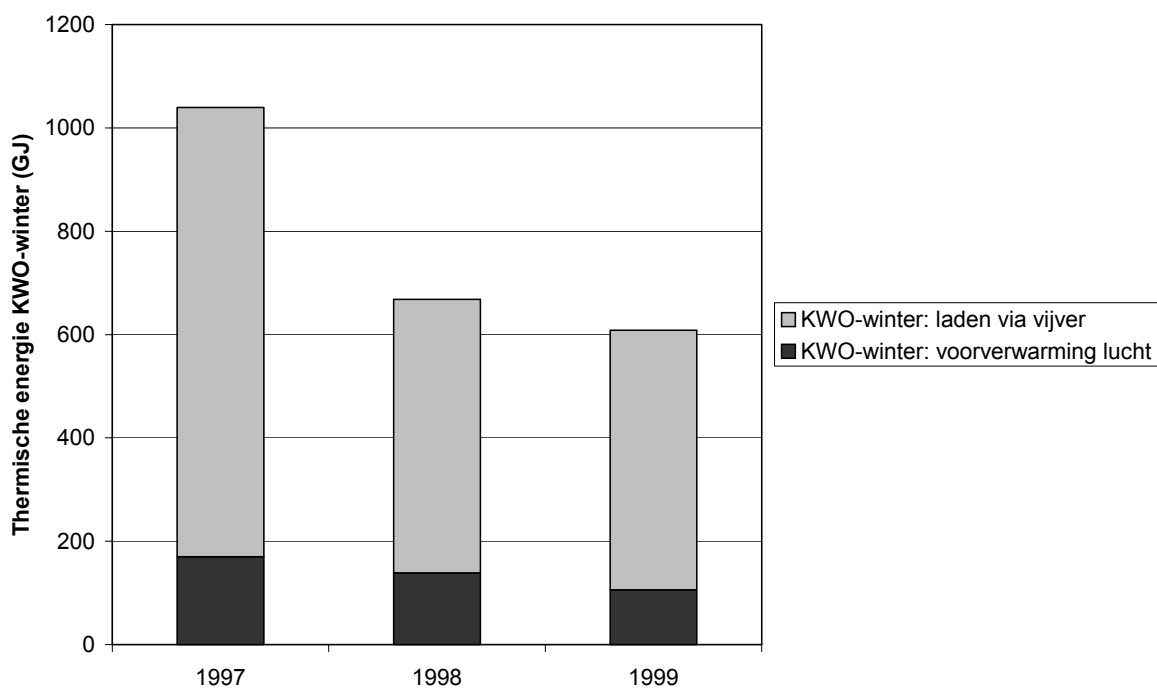
Figuur 4.15: Laden van koude in 1999

Uit deze figuren blijkt dat het grootste gedeelte van de koude geladen wordt via de vijver. In 1997 werd beduidend meer koude geladen dan in de andere jaren. Tabel 4.2 en figuur 4.16 geven een overzicht op jaarbasis. Uit deze gegevens kunnen de volgende vaststellingen gedaan worden:

- Wat de totale koude geladen op jaarbasis betreft, is er een duidelijk verschil tussen wat vooropgesteld werd en de praktijk. In de aanvraag voor subsidie werd vooropgesteld dat 3.564 GJ/jaar aan koude zou geladen worden. In de praktijk blijkt dat slechts 608 GJ/jaar tot 1.039 GJ/jaar aan koude geladen werd. Dit is slechts 22% van wat vooropgesteld werd. De oorzaak ligt waarschijnlijk aan het feit dat het koude-warmteopslagsysteem bij KBC niet gebruikt wordt zoals vooropgesteld. Het systeem wordt enkel in noodgevallen gebruikt (piekafvlakking) en niet om de basiskoudevraag te dekken. Bovendien wordt het systeem voornamelijk gebruikt voor het afvoeren van de condensorwarmte van de koelmachines tijdens de zomermaanden. Hierdoor kunnen de machines op maximaal rendement draaien en bestaat er geen gevaar voor uitval door te hoge vijverwatertemperatuur.
- Verder blijkt er een verschil tussen de manier waarop geladen wordt. Er werd vooropgesteld dat een groot gedeelte van de koude (83%) via de luchtvoorbehandelingsgroepen zou geladen worden. In de praktijk varieert dit echter tussen 16% en 21%. De vijver leverde dus het grootste gedeelte van de koude (82%).
- Er is een duidelijk verschil tussen de jaren. In 1997 (1.039 GJ) werd veel meer koude geladen vergeleken met 1998 (668 GJ) en 1999 (608 GJ).
- Het piekvermogen aan koude laden bedroeg 1.275 kWth, gemeten in december 1997. Het piekvermogen aan koude laden via de voorverwarming van de lucht was 547 kWth gemeten in januari 1998 en het piekvermogen aan koude laden via de vijver bedroeg 1.196 kW gemeten in december 1997. In bijlage 1 bevinden zich de piekvermogens per maand.

Tabel 4.2: Overzicht laden koude 1997-1998-1999

	koude laden via voorverwarming lucht (MWh / GJ / %)	koude laden via de vijver (MWh / GJ / %)	koude laden totaal (MWh / GJ / %)
vooropgesteld	820 MWh 2.952 GJ 83 %	170 MWh 612 GJ 17 %	990 MWh 3.564 GJ 100 %
1997	47 MWh 170 GJ 16 %	242 MWh 869 GJ 84 %	289 MWh 1.039 GJ 100 %
1998	39 MWh 139 GJ 21 %	147 MWh 529 GJ 79 %	186 MWh 668 GJ 100 %
1999	29 MWh 106 GJ 17 %	140 MWh 502 GJ 83 %	169 MWh 608 GJ 100 %
totaal 1997+1998+1999	115 MWh 415 GJ 18 %	529 MWh 1.901 GJ 82 %	644 MWh 2.316 GJ 100 %
gemiddeld 1997+1998+1999	38 MWh 138 GJ 18 %	176 MWh 634 GJ 82 %	215 MWh 772 GJ 100 %

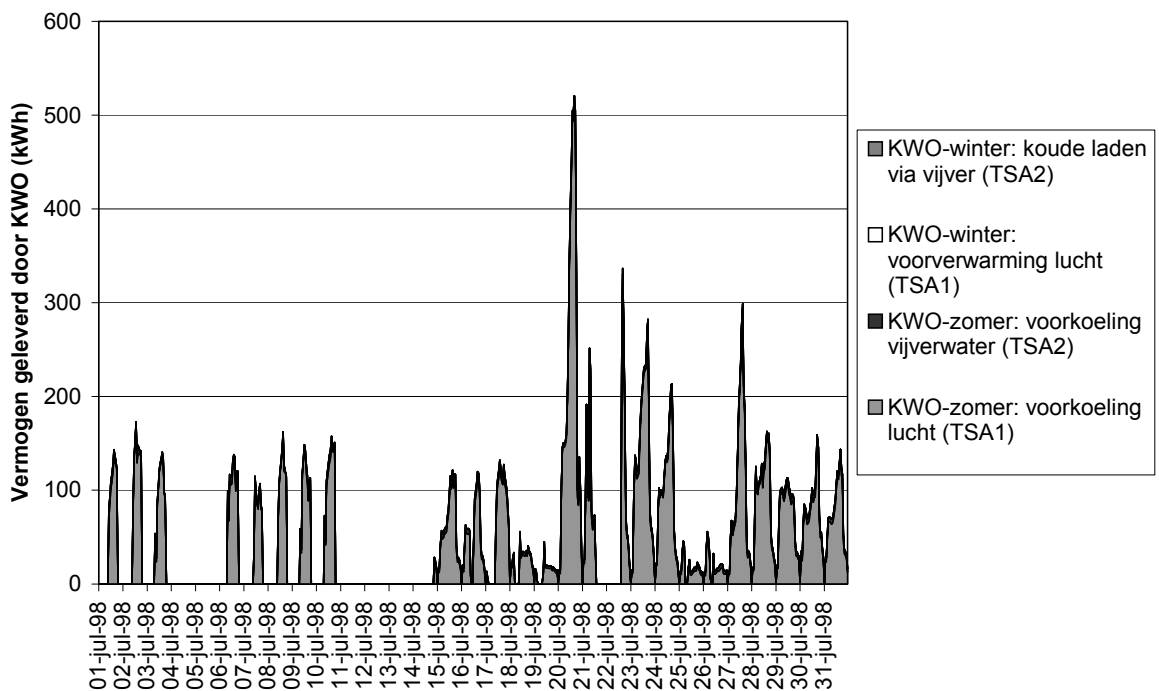


Figuur 4.16: Overzicht koude laden 1997-1998-1999

4.4 Ontladen van koude

De geladen koude in de winter wordt gebruikt voor het verkoelen van de pulsielucht via de luchtvoorbehandelingsgroepen en voor het verkoelen van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines (enkel indien het vijverwater een hogere temperatuur heeft dan de ontwerpcondities van de koelmachines).

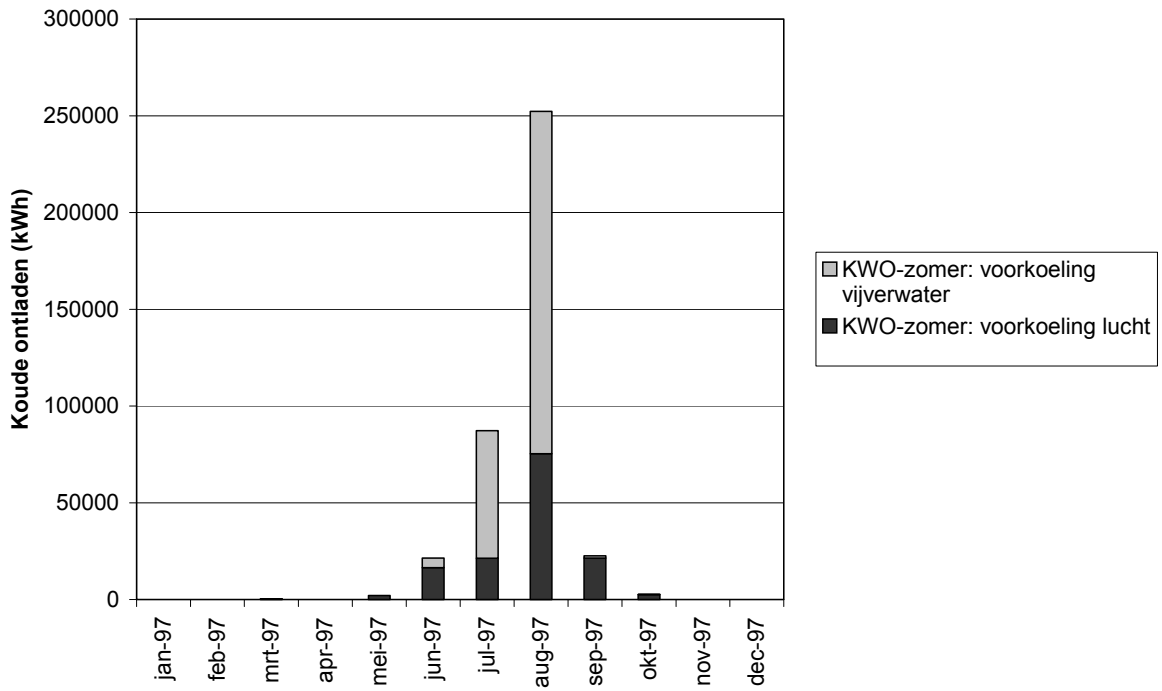
Figuur 4.17 geeft het thermisch vermogen van het KWO-systeem bij ontladen (maand juli 1998).



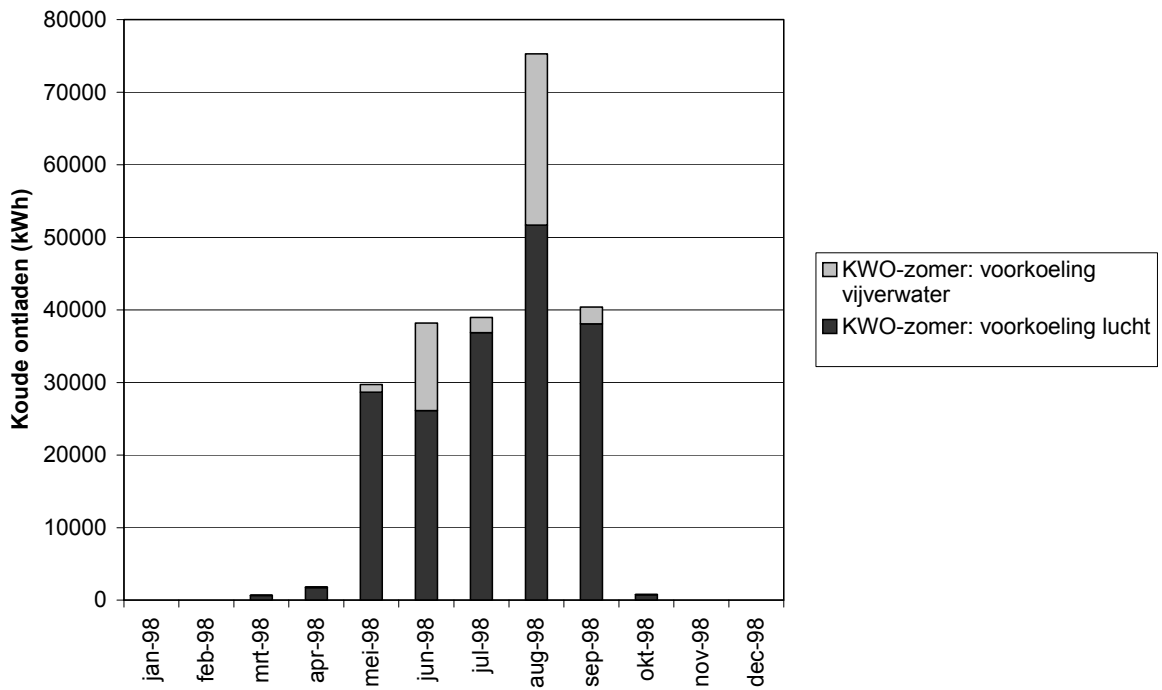
Figuur 4.17: Thermisch vermogen KWO bij ontladen (juli 1998)

Uit de figuur blijkt dat in juli 1998 de koude hoofdzakelijk voor het verkoelen van de pulsielucht gebruikt werd. Het vermogen is afhankelijk van dag tot dag.

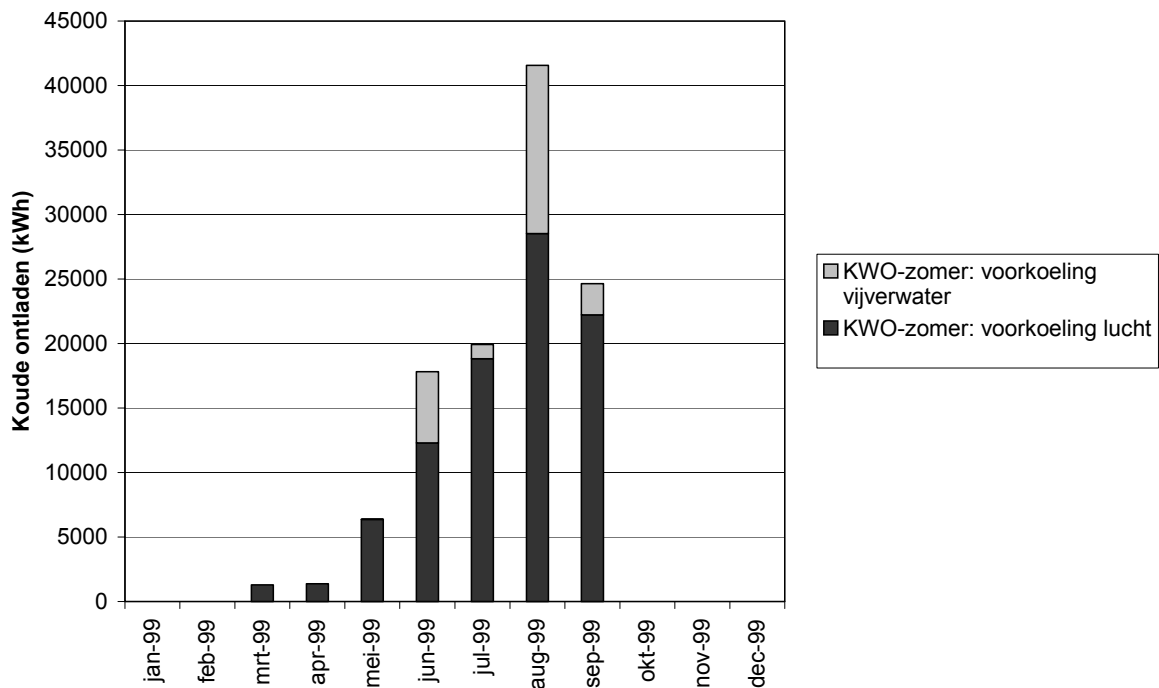
Figuren 4.18, 4.19 en 4.20 geven een overzicht op maandbasis van de koude die ontladen werd over de meetperiode 1997 – 1999. De gedetailleerde maandgegevens staan in bijlage 1.



Figuur 4.18: Ontladen van koude in 1997



Figuur 4.19: Ontladen van koude in 1998



Figuur 4.20: Ontladen van koude in 1999

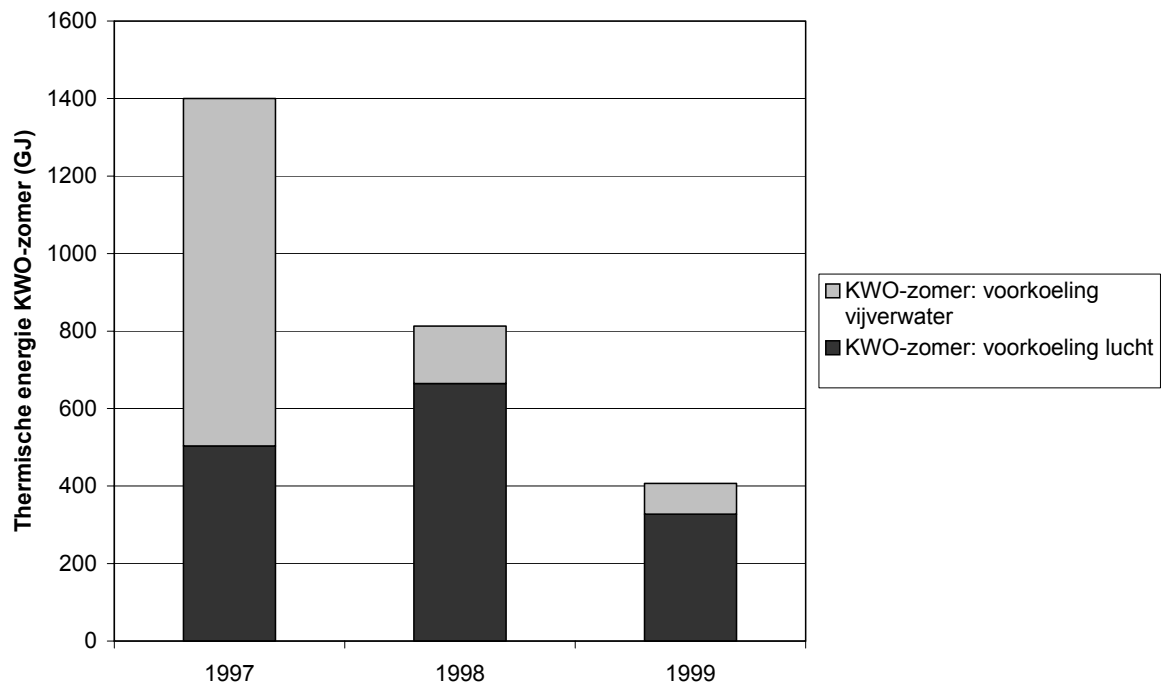
Uit deze meetgegevens kunnen de volgende vaststellingen gedaan worden:

- Het ontladen van koude gebeurt hoofdzakelijk in de maanden mei tot en met september
- In 1997 werd het grootste gedeelte van de koude (64%) gebruikt voor het voorcoelen van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines. In de andere jaren (1998 – 1999) ligt deze verhouding anders: respectievelijk 18% en 20%. In deze twee laatste meetjaren wordt dus het grootste gedeelte van de geproduceerde koude gebruikt voor het voorcoelen van de pulsieelucht in de luchtvoorbehandelingsgroepen.
- Er zijn grote verschillen tussen de jaren. In 1997 werd veel meer koude ontladen (1.400 GJ) dan 1998 (813 GJ) en 1999 (407 GJ) samen.
- Er zijn duidelijke verschillen tussen de vooropgestelde energiehoeveelheden en de gemeten waarden zowel op het vlak van koude ontladen via voorcoeling pulsieelucht als koude ontladen via voorcoeling van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines. Wanneer de som gemaakt wordt van de ontladen koude over de drie meetjaren (2.620 GJ), dan is dit kleiner dan wat vooropgesteld werd per jaar (3.564 GJ). Gemiddeld gezien werd slecht 25% bereikt ten opzicht van de vooropgestelde waarden. (43% voor het koude ontladen via voorcoeling lucht en 16% voor het koude ontladen via voorcoeling vijverwater condensoren). De reden hiervoor werd reeds vermeld: de installatie wordt gebruikt om pieken af te vlakken en niet om te voorzien in de basiskoelvraag.
- Het piekvermogen aan koude ontladen bedroeg 1.728 kWth, gemeten in augustus 1997. Het piekvermogen aan koude ontladen via de voorcoeling van de lucht was 701 kWth eveneens gemeten in augustus 1997 en het piekvermogen aan koude ontladen via voorcoeling van het vijverwater bedroeg 1.567 kW eveneens gemeten in augustus 1997. In bijlage 1 bevinden zich de piekvermogens per maand.

Tabel 4.3 en figuur 4.21 geven een overzicht voor de verschillende jaren.

Tabel 4.3: Overzicht ontladen koude 1997-1998-1999

	koude ontladen via voorcoeling lucht (MWh / GJ / %)	koude ontladen via voorcoeling vijverwater voor condensors (MWh / GJ / %)	koude ontladen totaal (MWh / GJ / %)
vooropgesteld	320 MWh 1.152 GJ 32 %	670 MWh 2.412 GJ 68 %	990 MWh 3.564 GJ 100 %
1997	140 MWh 503 GJ 36 %	249 MWh 897 GJ 64 %	389 MWh 1.400 GJ 100 %
1998	185 MWh 664 GJ 82 %	41 MWh 149 GJ 18 %	226 MWh 813 GJ 100 %
1999	91 MWh 327 GJ 80 %	22 MWh 80 GJ 20 %	113 MWh 407 GJ 100 %
totaal 1997+1998+1999	415 MWh 1.494 GJ 57 %	312 MWh 1.126 GJ 43 %	728 MWh 2.620 GJ 100 %
gemiddeld 1997+1998+1999	138 MWh 498 GJ 57 %	104 MWh 375 GJ 43 %	243 MWh 873 GJ 100 %

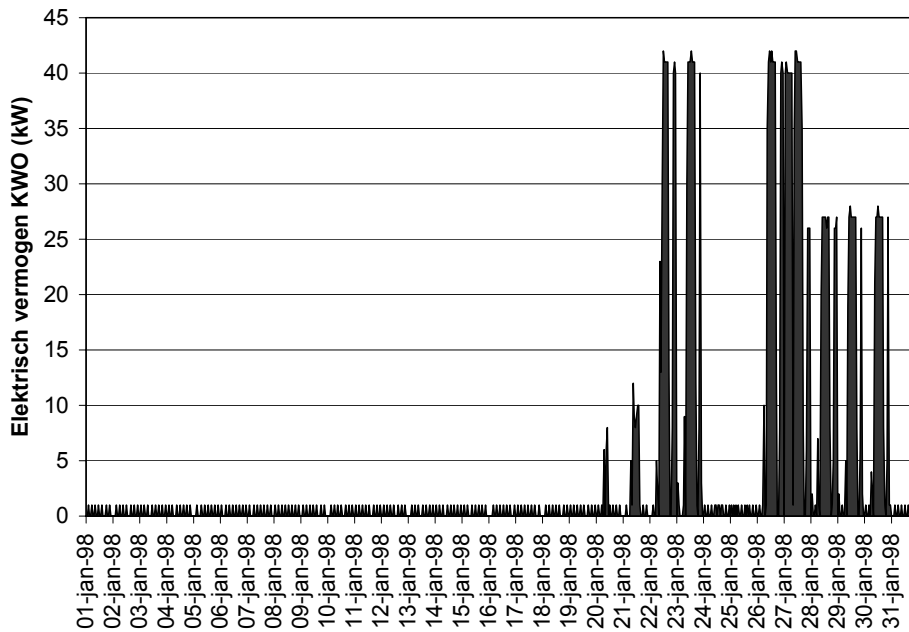


Figuur 4.21: Overzicht koude ontladen 1997-1998-1999

4.5 Elektriciteitsverbruik KWO

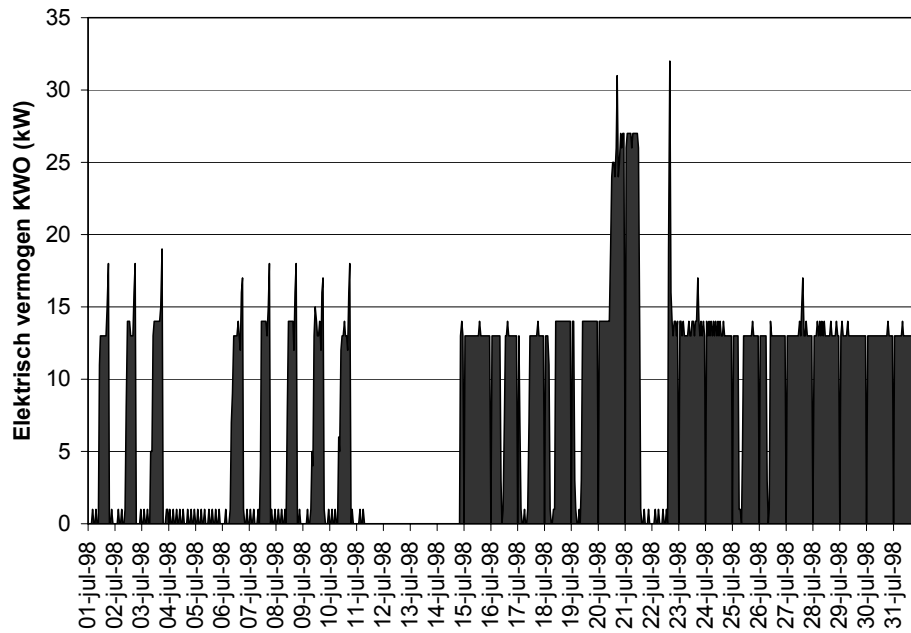
Het elektriciteitsverbruik van het koude-warmteopslagsysteem bij KBC (grondwaterpompen, kleppen en regeling) werd opgemeten met een elektriciteitsmeter.

Figuur 4.22 en 4.23 geven het verloop van het elektrisch vermogen bij koude laden (januari 1998) en koude ontladen (juli 1998).



Figuur 4.22: Elektrisch vermogen KWO bij laden (januari 1998)

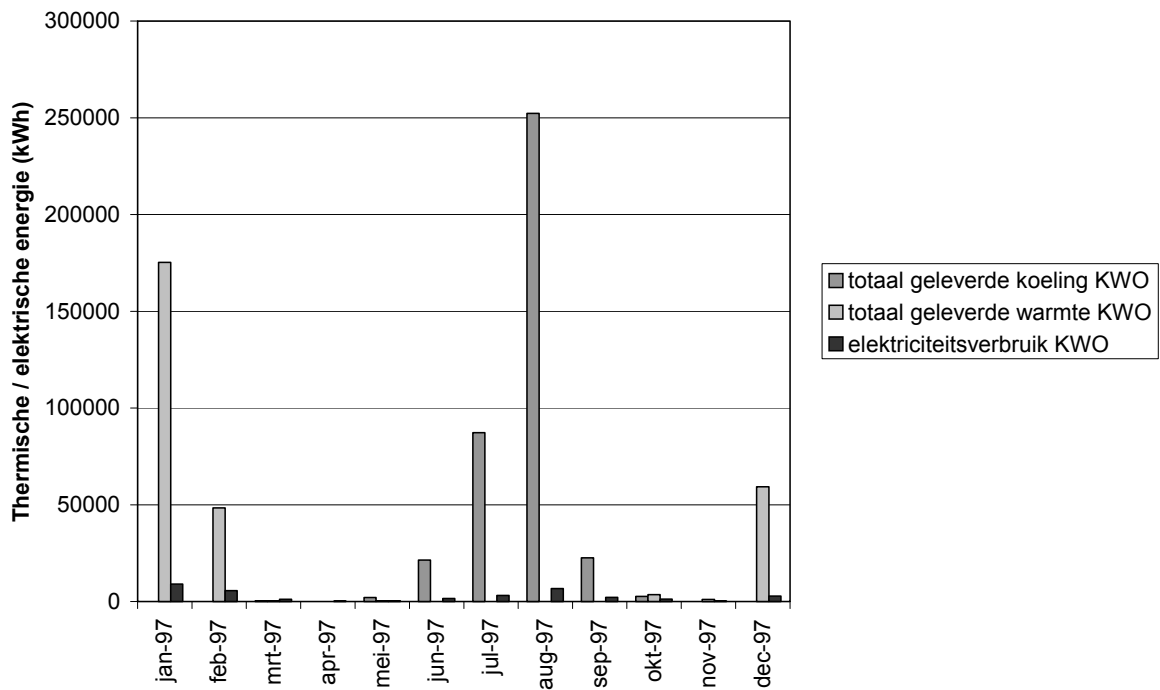
Het elektrische vermogen van de KWO wordt vooral bepaald door de grondwaterpompen. Wanneer het maximum debiet gevraagd wordt (100 m³/h) dan is het elektrisch vermogen het grootst.



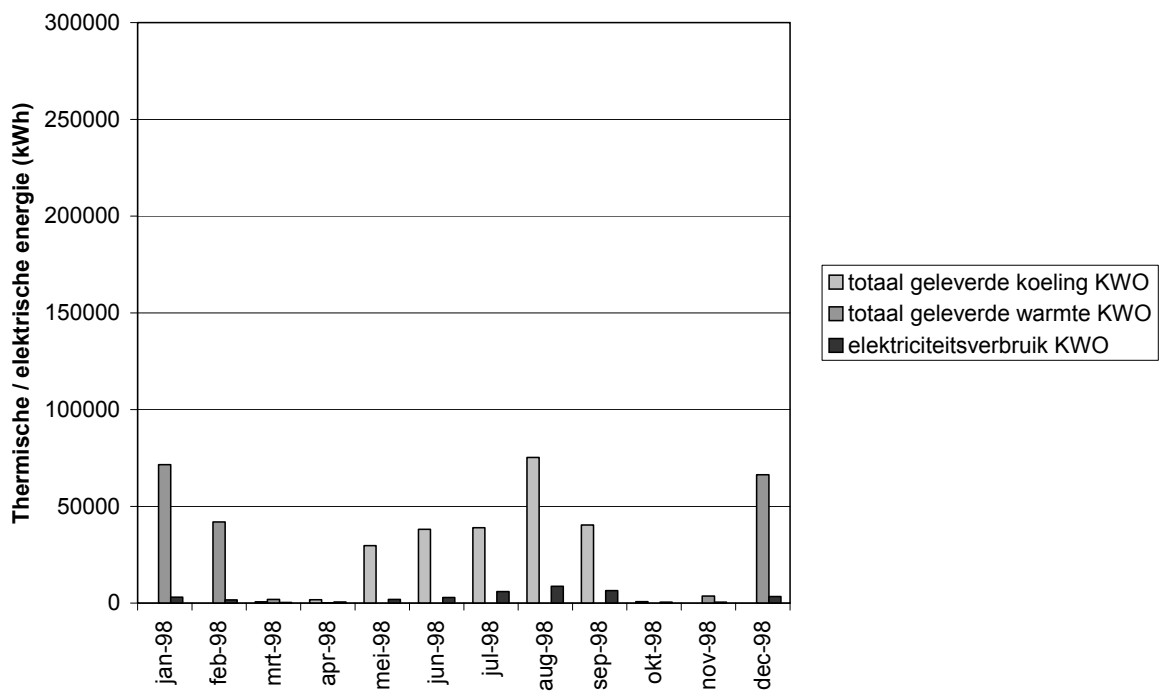
Figuur 4.23: Elektrisch vermogen KWO bij ontladen (juli 1998)

Gedurende de meetperiode van drie jaar bedroeg het maximum elektrische vermogen voor de KWO 55 kW (augustus 1997).

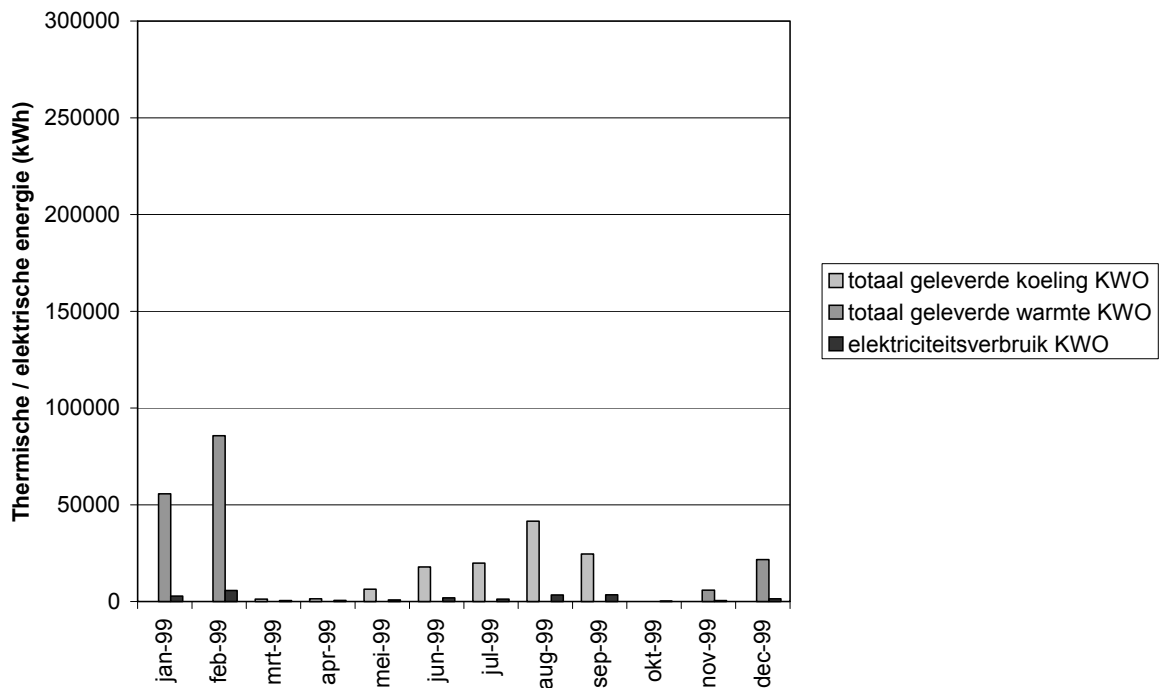
Figuren 4.24, 4.25 en 4.26 geven een overzicht van het elektriciteitsverbruik en de totaal geleverde warmte / koude door het KWO-systeem voor respectievelijk 1997, 1998 en 1999. De gedetailleerde maandgegevens staan in bijlage 1.



Figuur 4.24: Overzicht van het elektriciteitsverbruik en de geleverde energie in 1997



Figuur 4.25: Overzicht van het elektriciteitsverbruik en de geleverde energie in 1998



Figuur 4.26: Overzicht van het elektriciteitsverbruik en de geleverde energie in 1999

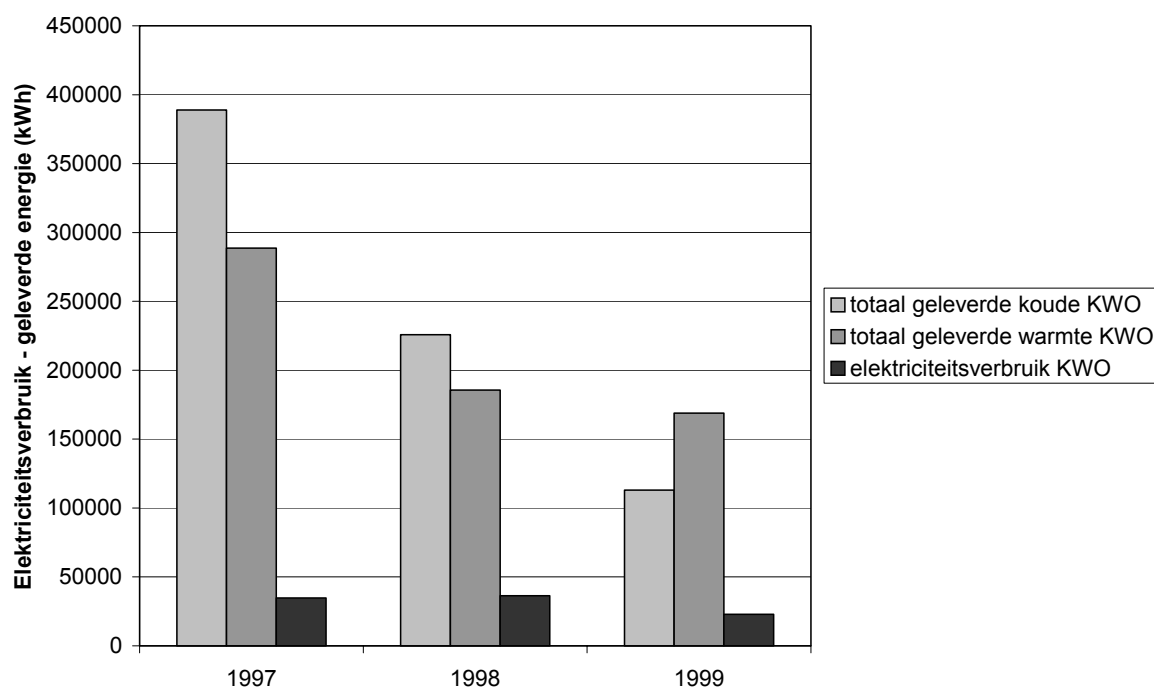
Uit deze meetgegevens kunnen de volgende vaststellingen gedaan worden:

- Het KWO-systeem heeft in 1999 minder draaiuren gemaakt en elektriciteit verbruikt ten opzicht van de voorgaande jaren 1997 en 1998. In 1999 werd ook minder koude en warmte geleverd.
- In 1998 werd 5% meer elektriciteit verbruikt dan in 1997 ondanks het feit dat in 1997 bijna dubbel zoveel warmte en koude geleverd werd.
- Over de drie jaar heeft het KWO-systeem 4.992 draaiuren gemaakt, waarbij 94 MWh elektriciteit verbruikt werd, 2.316 GJ aan warmte en 2.620 GJ aan koude geleverd werd.
- Er is een verschil tussen het vooropgestelde elektriciteitsverbruik (40 MWh/jaar) en het werkelijke elektriciteitsverbruik (gemiddeld 31 MWh/jaar). Het verschil tussen vooropgestelde koude en warmte geleverd door de KWO en de gemeten waarden werd hoger reeds vermeld.

Tabel 4.4 en figuur 4.27 geven een overzicht van de meetresultaten en de vooropgestelde waarden. Het relatief hoge elektriciteitsverbruik t.o.v. de geleverde warmte / koude in 1998 heeft volgens KBC te maken met de verstopping van de bronnen.

Tabel 4.4: Draaiuren, elektriciteitsverbruik en geleverde warmte-koude

	draaiuren (h)	elektriciteits- verbruik KWO (kWh)	totaal geleverde warmte KWO (GJ)	totaal geleverde koude KWO (GJ)
vooropgesteld	2.150	40.000	3.564	3.564
1997	2.024	34.713	1.039	1.400
1998	2.238	36.352	668	813
1999	730	22.906	608	407
totaal: 1997+1998+1999	4.992	93.971	2.316	2.620
gemid. 1997+1998+1999	1.664	31.324	772	873



Figuur 4.27: Overzicht elektriciteitsverbruik en geleverde koude-warmte KWO

4.6 Warmtevraag KBC-Leuven

Naast het KWO-systeem leveren ook de ketels van KBC-Leuven warmte (verwarming en sanitair warm water) aan het gebouw. De installatie bestaat uit drie ketels:

- een ketel van 0,5 MW;
- een ketel van 1,8 MW en
- een hoog rendementketel van 1,8 MW.

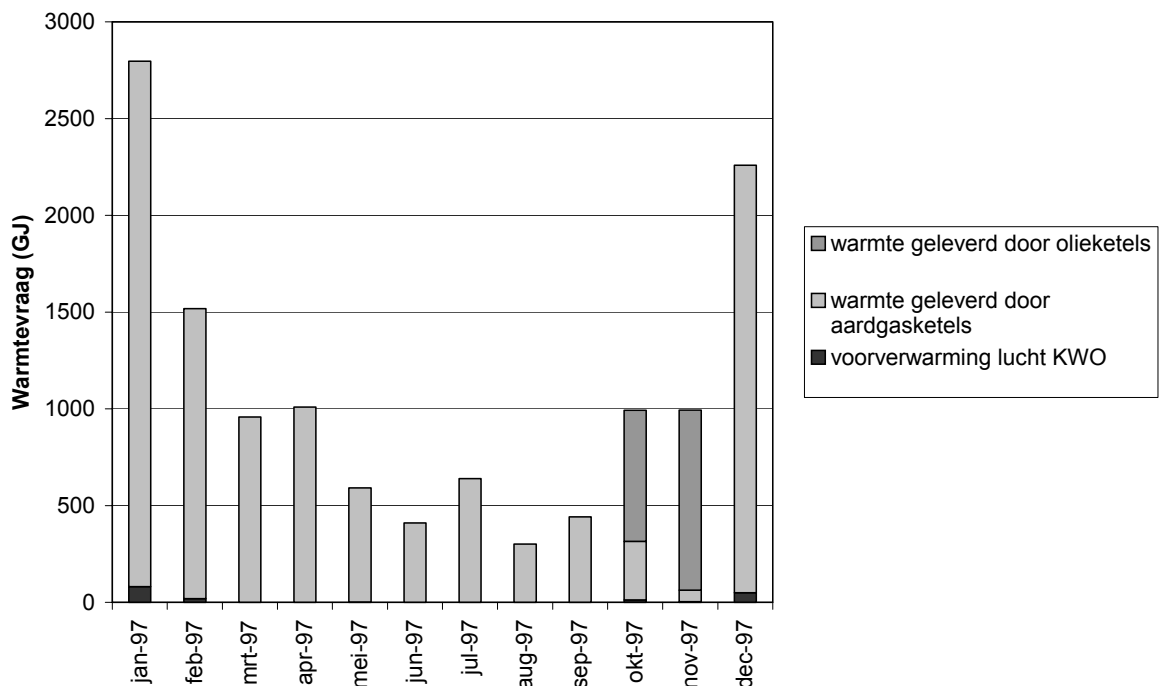
De vertrektemperatuur van het warm water wordt geregeld in functie van de buitentemperatuur.

Deze ketels werken normaal gezien op aardgas, maar ze kunnen omgebouwd worden tot stookolieketels. Enkel in oktober en november 1997 werden ketels omgebouwd tot stookolieketels om de (oude) stookoliereserve te kunnen verbruiken.

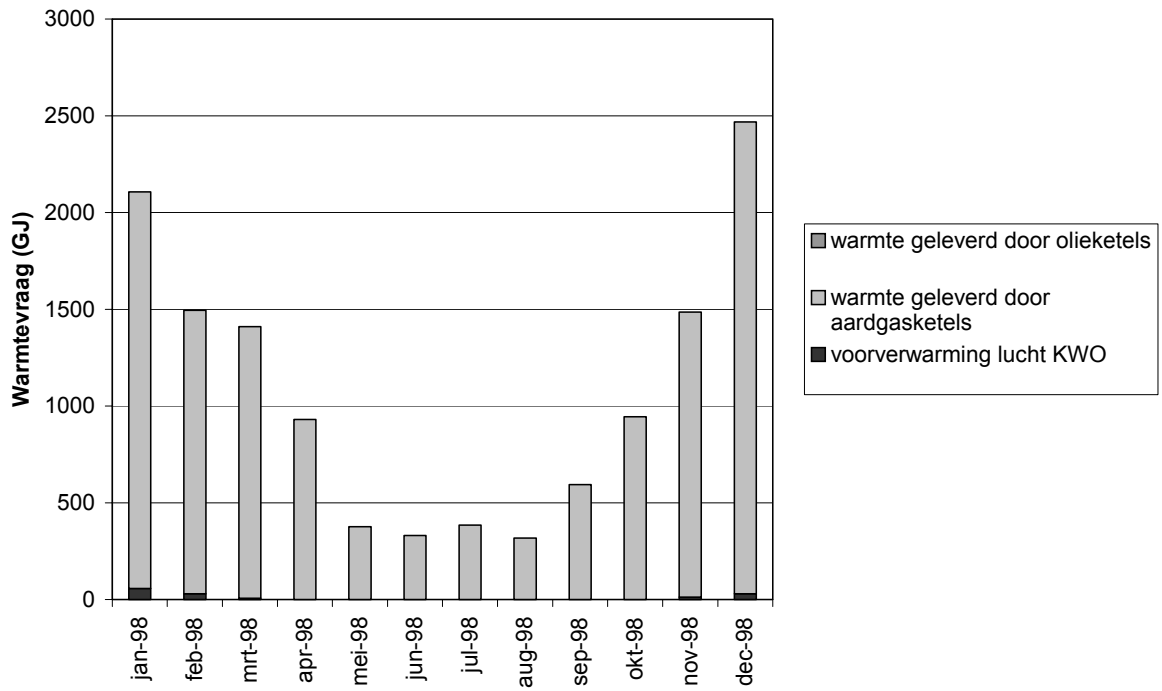
Gedurende deze maanden in 1997 werd het stookolieverbruik via olietellers opgemeten en geregistreerd. Het aardgasverbruik werd via de aardgasfacturen verkregen.

Voor de berekening van de geleverde warmte wordt een productierendement op jaarbasis van 90% aangenomen.

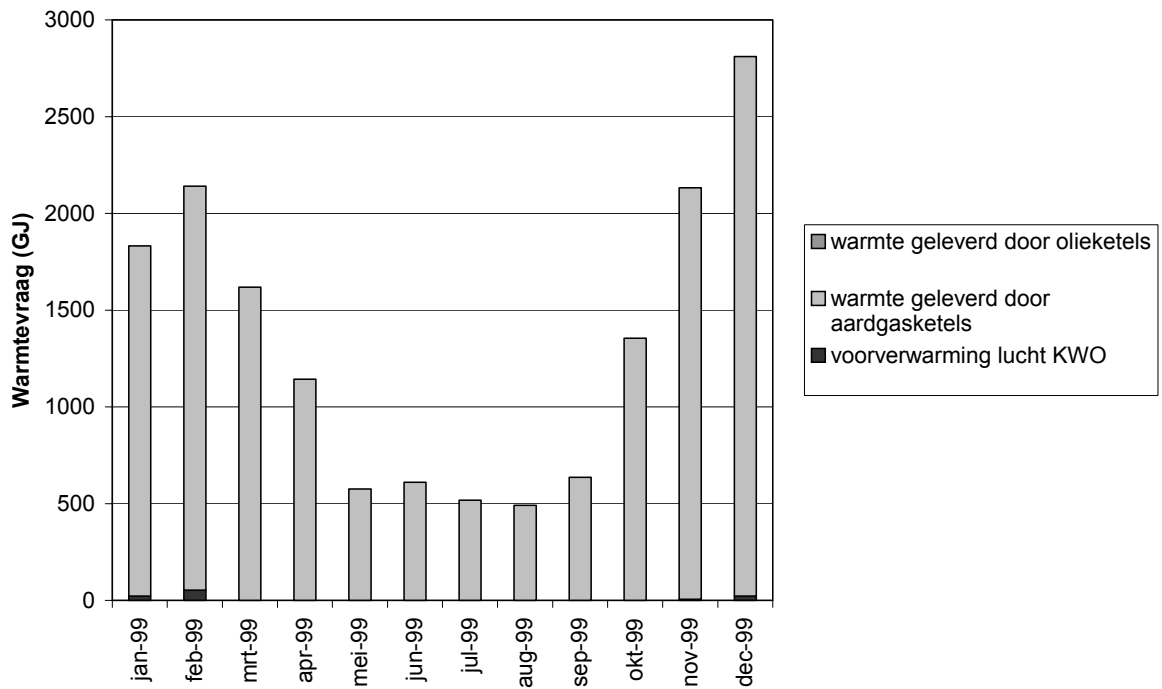
Figuren 4.28, 4.29 en 4.30 geven een overzicht van de warmtevraag op maandbasis voor respectievelijk 1997, 1998 en 1999. De gedetailleerde maandgegevens staan in bijlage 1.



Figuur 4.28: Warmtevraag op maandbasis voor 1997



Figuur 4.29: Warmtevraag op maandbasis voor 1998



Figuur 4.30: Warmtevraag op maandbasis voor 1999

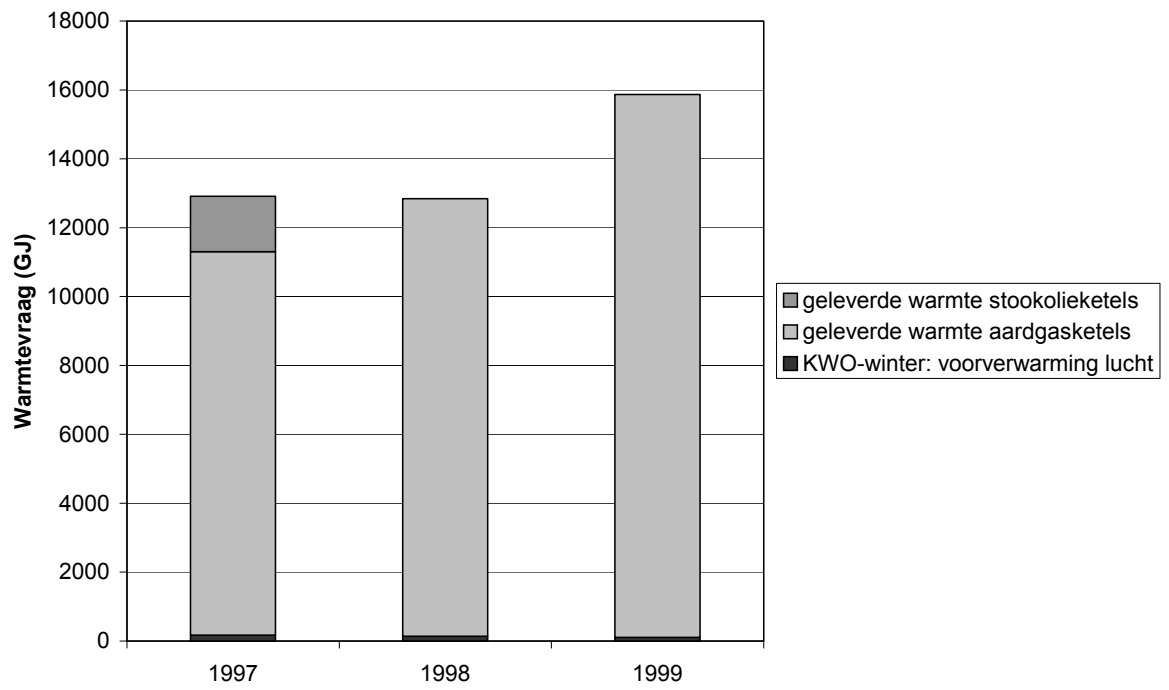
Uit deze figuren kunnen de volgende vaststellingen gedaan worden:

- Er is een duidelijk verband tussen het seizoen en de warmtevraag: in de wintermaanden bedraagt de warmtevraag gemiddeld 2.000 GJ/maand, tijdens de zomermaanden 500 GJ/maand.
- Over de drie jaar samen bedroeg de warmtevraag 41.626 GJ. De warmtevraag in 1997 (12.912 GJ/jaar) was ongeveer gelijk aan de warmtevraag in 1998 (12.847 GJ/jaar). In 1999 (15.867 GJ/jaar) was de totale warmtevraag 23% hoger ten opzicht van de vorige jaren.
- Het grootste gedeelte van de warmtevraag (99%) wordt gedekt met de ketels. Voorverwarming van de pulsielucht met KWO vormt slechts een klein gedeelte (1%).
- Een efficiënter bedrijf van de KWO-installatie kan er voor zorgen dat het energieverbruik van de ketels omlaag kan.

Tabel 4.5 en figuur 4.31 geven een overzicht van de warmtevraag over de meetperiode van drie jaar.

Tabel 4.5: Overzicht van de warmtevraag bij KBC-Leuven

	warmte geproduceerd door aardgasketels (GJ)	warmte geproduceerd door olieketels (GJ)	voorver- warming lucht met KWO (GJ)	totale warmtevraag (GJ)
1997	11.133 GJ 86 %	1.609 GJ 13 %	170 GJ 1 %	12.912 GJ 100 %
1998	12.708 GJ 99 %	0 GJ 0 %	139 GJ 1 %	12.847 GJ 100 %
1999	15.761 GJ 99 %	0 GJ 0 %	106 GJ 1 %	15.867 GJ 100 %
totaal: 1997+1998+1999	39.602 GJ 95 %	1.609 GJ 4 %	415 GJ 1 %	41.626 GJ 100 %
gemid. 1997+1998+1999	13.201 GJ 95 %	536 GJ 4 %	138 GJ 1 %	13.875 GJ 100 %



Figuur 4.31: Overzicht van de warmtevraag bij KBC-Leuven

4.7 Koudevraag bij KBC-Leuven

4.7.1 Koudevraag kantoorgebouw

Naast de KWO-installatie leveren ook de koelmachines koeling aan het gebouw. KBC-Leuven heeft drie koelmachines:

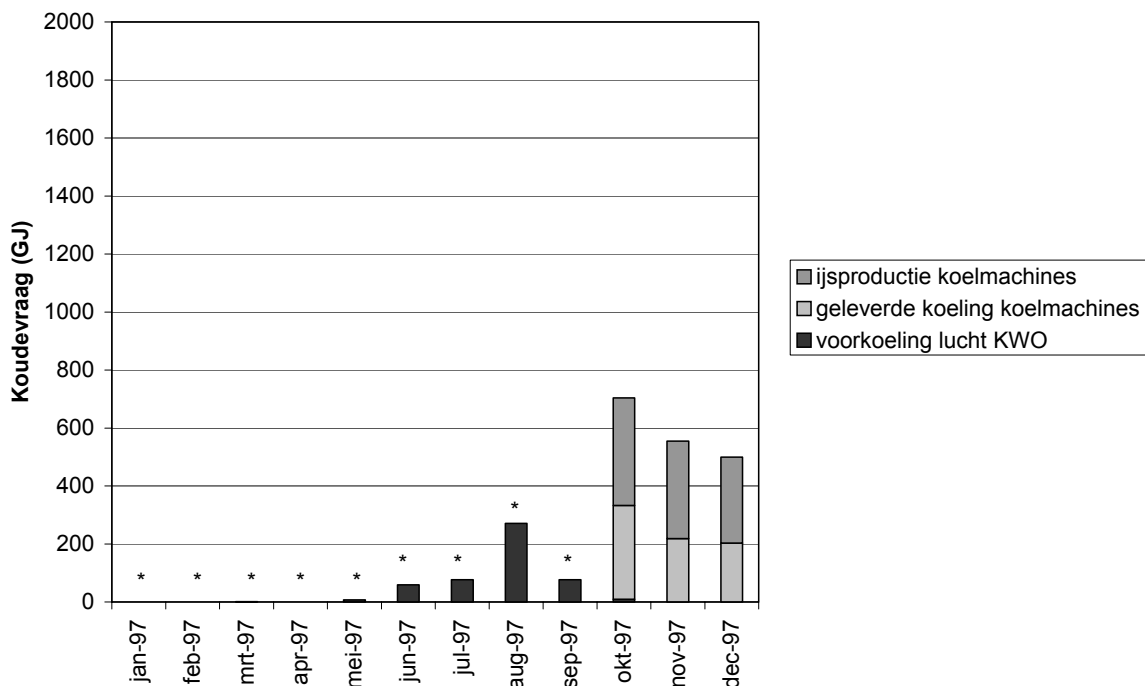
- een koelinstallatie met schroefcompressor van 1.000 kW: koeling voor de gewone koelkring
- een koelinstallatie met schroefcompressor van 1.000 kW: koeling voor de gewone koelkring
- een koelinstallatie met zuigercompressor van 400 kW: koeling voor de permanente koelkring

De gewone koelkring wordt gevoed via de schroefkoelmachines van 1.000 kW en het ijsstockage/ijsdestockage systeem met een buffercapaciteit van 10.400 kWh. Indien het ijsstockage/ijsdestockage systeem zijn koude bijna afgegeven heeft, dan wordt 's nachts (19:00h – 6:00h) opnieuw ijs aangemaakt met de schroefkoelmachines.

De permanente koelkring wordt gevoed via de zuigerkoelmachine en het ijsstockage/ijsdestockagesysteem.

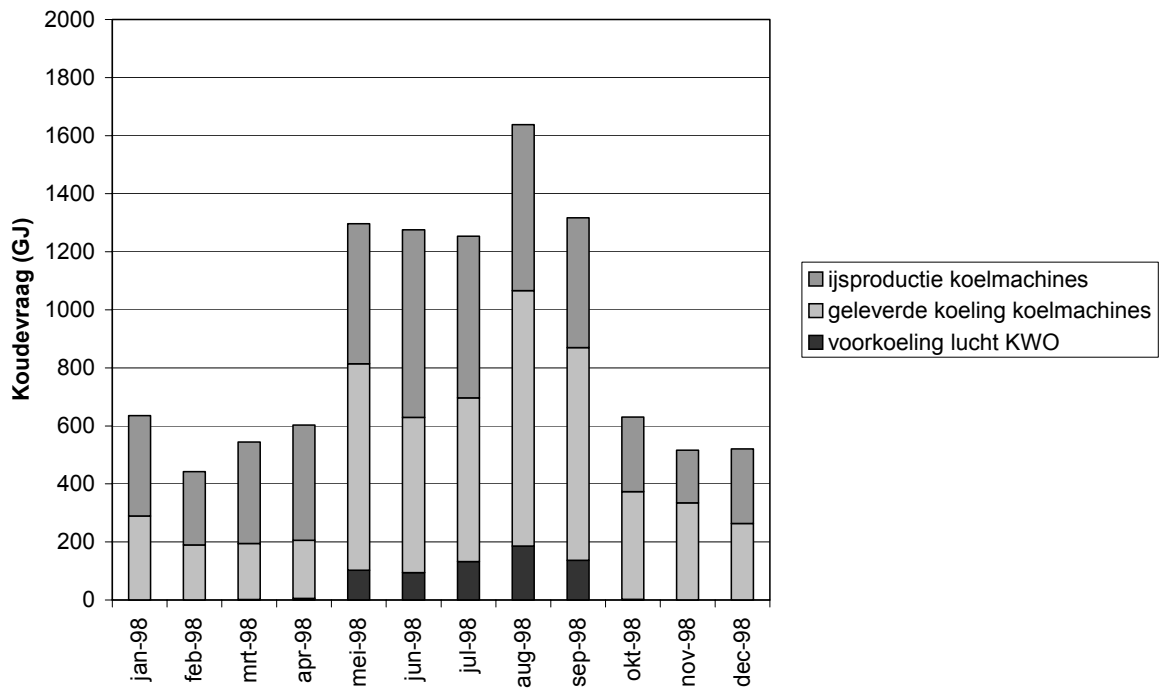
Voor de bepaling van de geleverde koeling wordt het elektriciteitsverbruik van de drie koelmachines individueel opgemeten. Uitgaande van de gegevens van de leverancier (COP bij verschillende koelwater en ijswatertemperaturen) wordt de geleverde koeling bepaald. De COP bij ijswaterproductie (koelwatertemperaturen: 3°C) verschilt natuurlijk van de COP bij laden van het ijsstockagesysteem (koelwatertemperaturen: -5°C).

De figuren 4.32, 4.33 en 4.34 geven een overzicht van de koudevraag van het KBC-kantoor in Leuven voor respectievelijk 1997, 1998 en 1999. Wat de koelmachines betreft, zijn er pas gegevens vanaf oktober 1997. De gedetailleerde maandgegevens staan in bijlage 1.

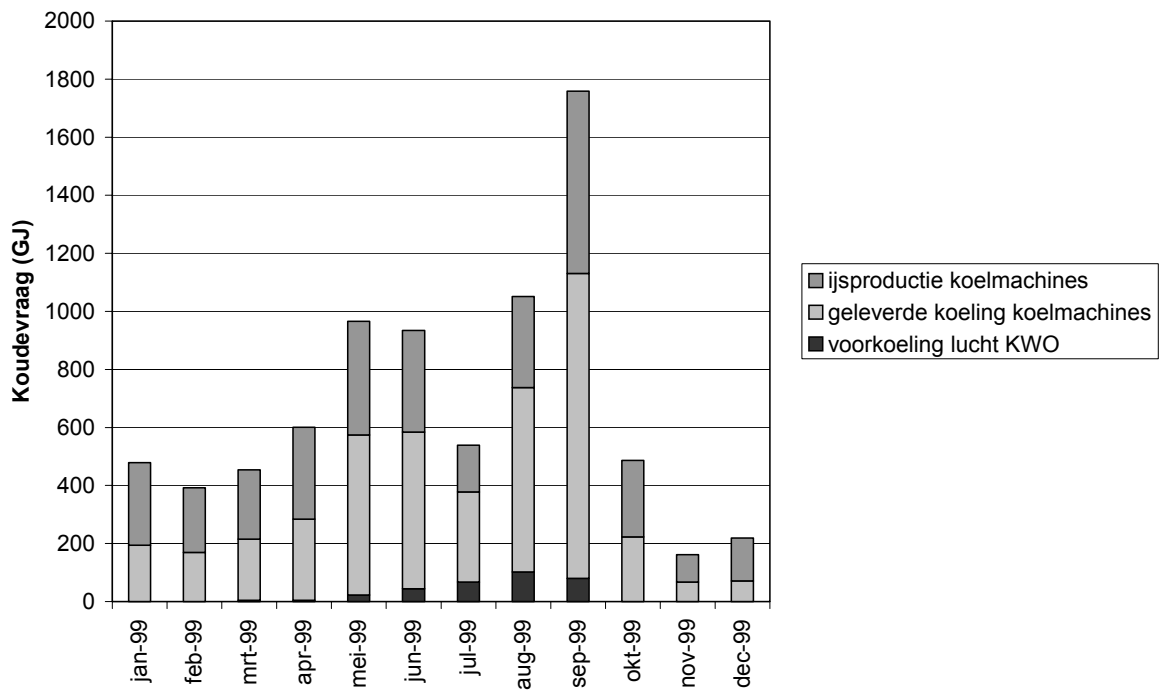


(*): enkel gegevens vanaf oktober 1997

Figuur 4.32: Koudevraag kantoorgebouw KBC-Leuven in 1997



Figuur 4.33: Koudevraag kantoorgebouw KBC-Leuven in 1998



Figuur 4.34: Koudevraag kantoorgebouw KBC-Leuven in 1999

Uit deze figuren kunnen volgende vaststellingen gedaan worden:

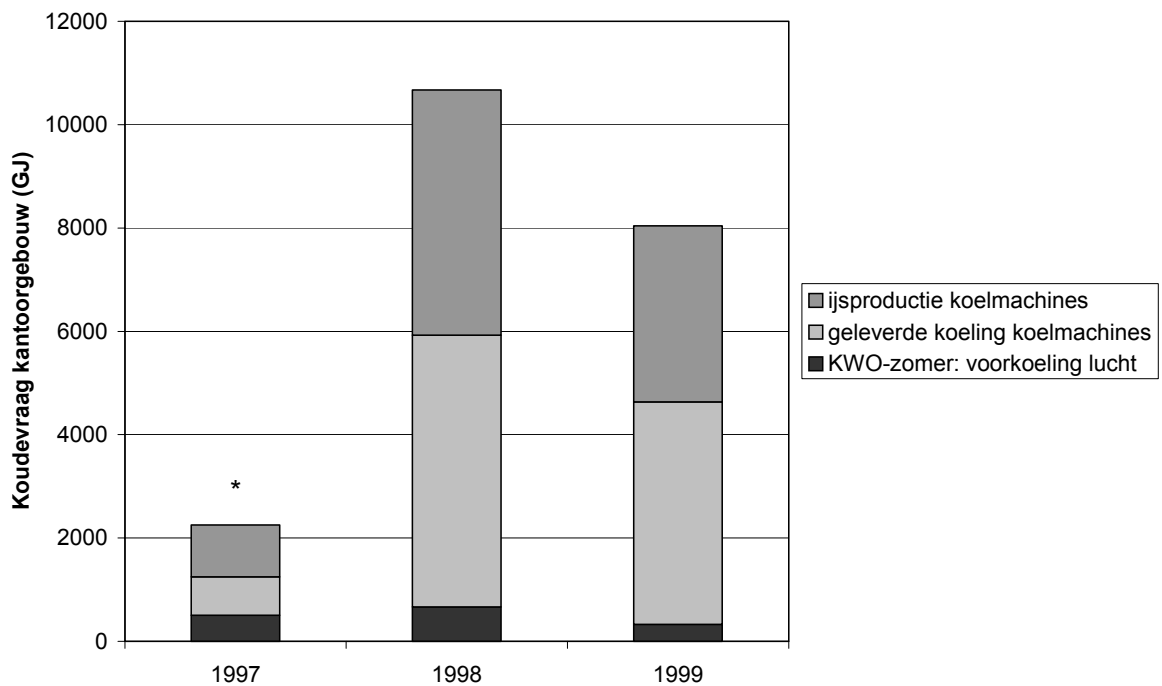
- De totale koudevraag van het kantoorgebouw op jaarbasis verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1999 (8.040 GJ) lag de koudevraag 25% lager dan in 1998 (10.673 GJ).
- Over de twee laatste meetjaren (1998+1999) bedroeg de totale koudevraag van het kantoorgebouw 18.713 GJ. Het grootste gedeelte van de koudeproductie (95%) gebeurt met de koelmachines, de voorcoeling van de lucht met KWO vertegenwoordigt 5% in de totale koudevraag van het gebouw.
- De direkt geleverde koeling met de koelmachines (3°C) vertegenwoordigt het grootste aandeel (gemiddeld 51%) van de koudevraag, de ijsproductie met de koelmachines (-5°C) vertegenwoordigt 44%

Tabel 4.6 en figuur 4.35 geven een overzicht van de koudevraag op jaarbasis.

Tabel 4.6: Overzicht van de koudevraag van het kantoorgebouw

	geleverde koeling koelmachines (GJ)	ijsproductie koelmachines (GJ)	voorkoeling lucht met KWO (GJ)	totale koudevraag (GJ)
1997	745 GJ*	1.003 GJ*	503 GJ	
1998	5.264 GJ 49 %	4.745 GJ 45 %	664 GJ 6 %	10.673 GJ 100 %
1999	4.304 GJ 54 %	3.409 GJ 42 %	327 GJ 4 %	8040 GJ 100 %
totaal: 1998+1999	9.568 GJ 51 %	8.154 GJ 44 %	991 GJ 5 %	18.713 GJ 100 %
gemid. 1998+1999	4.784 GJ 51 %	4.077 GJ 44 %	496 GJ 5 %	9.357 GJ 100 %

(*): enkel gegevens vanaf oktober 1997



Figuur 4.35: Overzicht van de koudevraag van het kantoorgebouw

4.7.2 Koudevraag koeling vijverwater voor condensors

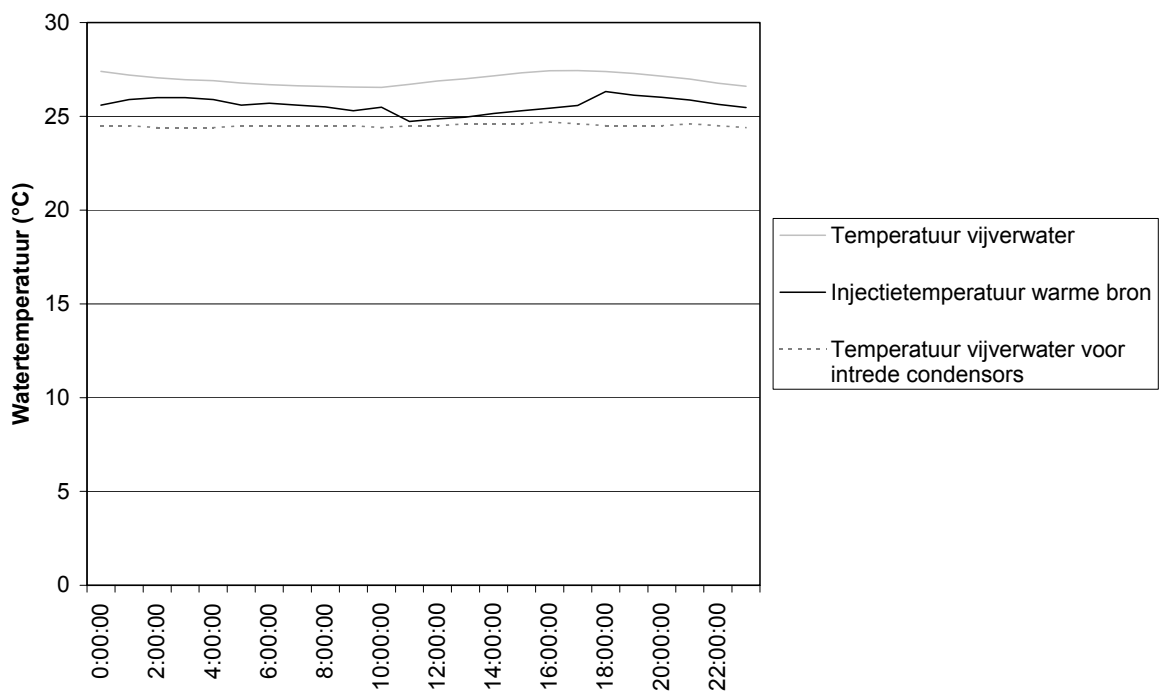
Uit de meetgegevens blijkt dat de temperatuur van het vijverwater net voor intrede in de condensors van de koelmachines nooit hoger dan 25°C geweest is. De temperatuur van het vijverwater is in de zomermaanden diverse dagen boven 25°C geweest.

Figuur 4.36 toont het verloop van de vijverwater- en de grondwaterinjectietemperatuur op een warme zomerdag (woensdag 12 augustus 1998).

Deze figuur geeft duidelijk het verloop van de vijverwatertemperatuur over dag weer.

's Nachts kan het vijverwater afkoelen. Rond 9:00h bereikt de temperatuur van het vijverwater een minimum: 26,5°C. Vanaf dat ogenblik begint de buitentemperatuur te stijgen en heeft de zon een grotere impact op de vijver en het kantoorgebouw. De vijverwatertemperatuur begint te stijgen. Rond 17:00h wordt de maximumtemperatuur bereikt (27,4°C). Daarna daalt de vijverwatertemperatuur.

Het vijverwater wordt gebruikt voor de koeling van de condensors van de koelmachines. Indien de temperatuur boven de ontwerptemperatuur van de condensors (24,5°C) uitstijgt, dan wordt het KWO-systeem in werking gesteld om het vijverwater te koelen. Uit de figuur blijkt dat bij deze warme dag de temperatuur van het vijverwater net voor intrede in de condensors mooi rond 24,5°C schommelt.



Figuur 4.36: Verloop van de vijverwater- en de grondwaterinjectietemperatuur op 12/08/98

5 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO₂-REDUCTIE

5.1 Primaire energiebesparing

Voor de bepaling van de besparing op primaire energie wordt de situatie met KWO-systeem vergeleken met een referentiesituatie zonder KWO-systeem. In de referentiesituatie wordt:

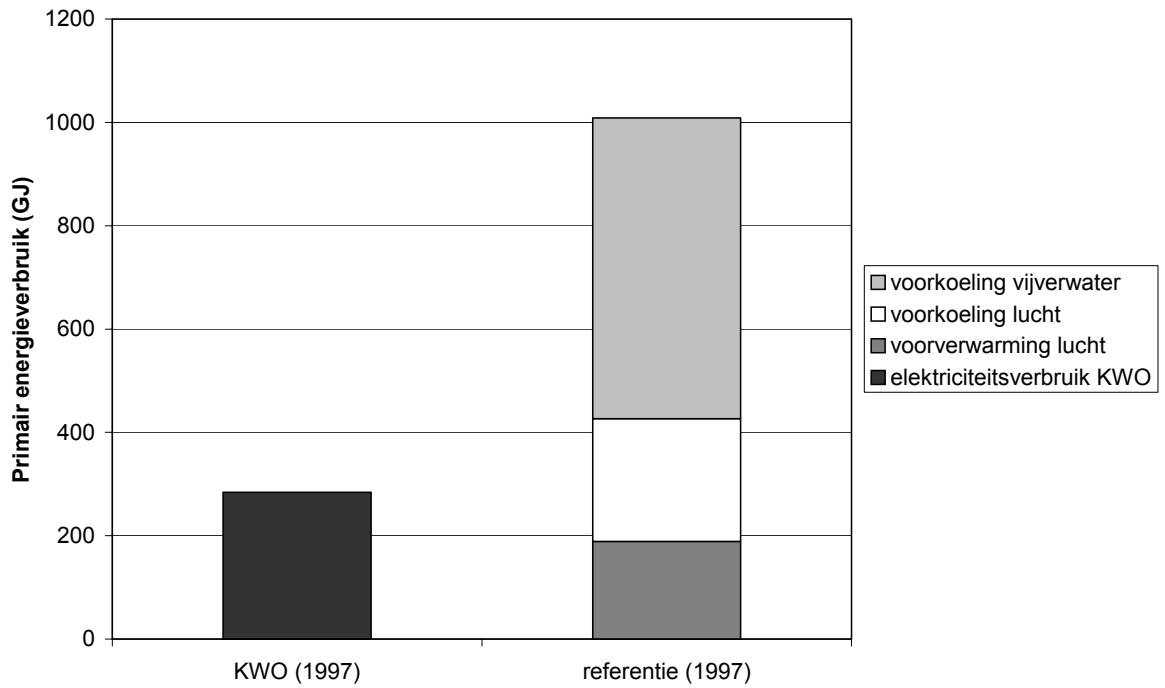
- de door het KWO-systeem geproduceerde warmte voor de voorverwarming van de lucht geproduceerd met aardgasketels met een productierendement van 90%;
- de door het KWO-systeem geproduceerde koude voor de voorcoeling van de lucht geproduceerd met de bestaande koelmachines. De COP die hiervoor genomen wordt is gelijk aan de COP voor koeling (3°C) volgens de leverancier;
- de door het KWO-systeem geproduceerde koude voor de koeling van het vijverwater geproduceerd met een koelmachine met luchtgekoelde condensors. Voor de COP van deze machine wordt een gemiddelde waarde van 3,5 aangenomen.

Voor het rendement van de referentiecentrale wordt 44% aangenomen (zie bijlage 2).

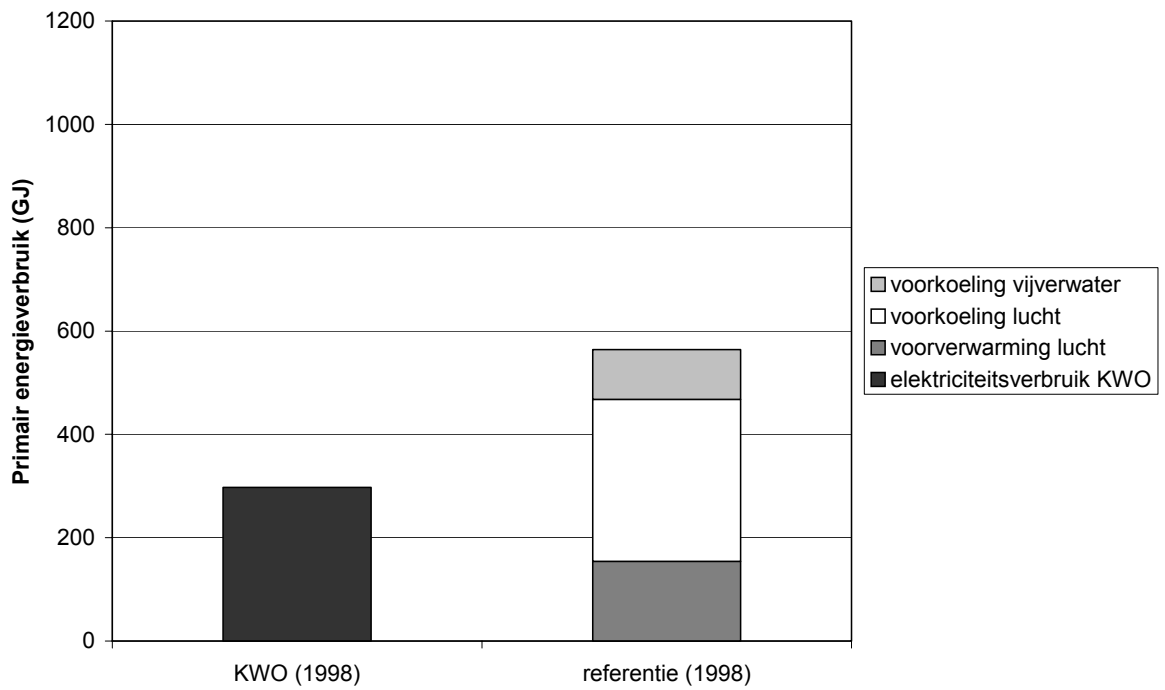
Figuur 5.1, 5.2 en 5.3 geven een overzicht van het primaire energieverbruik van het KWO-systeem en van de referentiesituatie voor respectievelijk 1997, 1998 en 1999.

Uit de gegevens blijken volgende zaken:

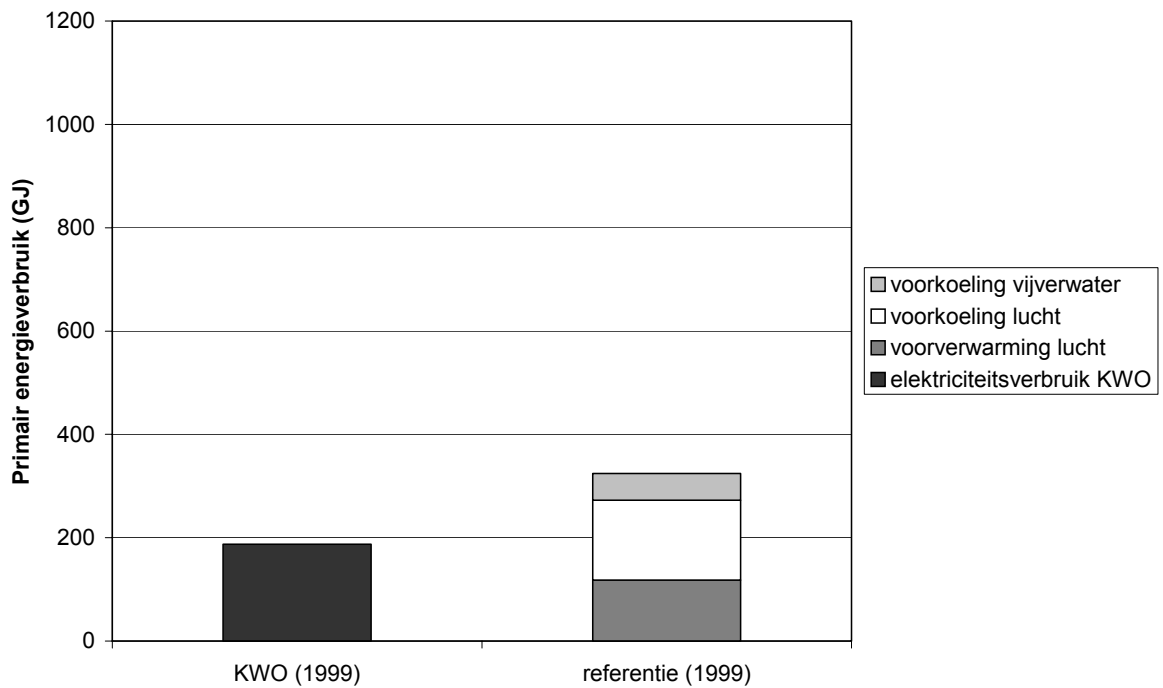
- Het primair energieverbruik van het KWO-systeem verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1998 werd 297 GJ/jaar verbruikt door de KWO, in 1999 daarentegen werd slechts 187 GJ/jaar verbruikt. Ook het primair energieverbruik in de referentiesituatie verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1997 zou 1.009 GJ/jaar nodig geweest zijn, in 1999 slechts 324 GJ/jaar.
- De besparing op primaire energie ligt tussen 725 GJ/jaar (1997) en 137 GJ/jaar (1999) met een gemiddelde van 376 GJ/jaar. Over de drie jaar samen werd 1.128 GJ minder primaire energie verbruikt.
- De relatieve besparing op primaire energie ligt tussen 42% (1999) en 72% (1997) met een gemiddelde van 59%.



Figuur 5.1: Primair energieverbruik KWO en referentie in 1997



Figuur 5.2: Primair energieverbruik KWO en referentie in 1998

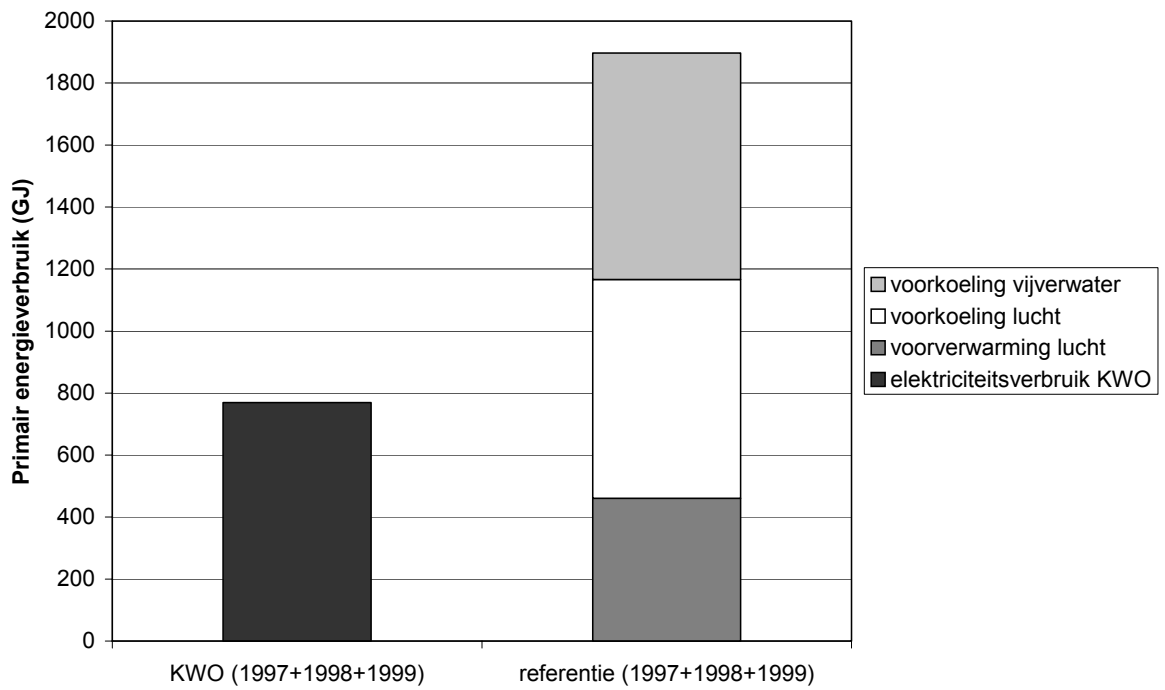


Figuur 5.3: Primair energieverbruik KWO en referentie in 1999

Tabel 5.1 en figuur 5.4 geven een overzicht over de drie meetjaren.

Tabel 5.1: Primair energieverbruik en besparing

	primair energieverbruik KWO (GJ)	primair energieverbruik referentie (GJ)	primaire energiebesparing (GJ)	primaire energiebesparing (%)
1997	284	1.009	725	72
1998	297	564	267	47
1999	187	324	137	42
totaal: 1997+1998+1999	769	1.897	1.128	59
gemid. 1997+1998+1999	256	632	376	59



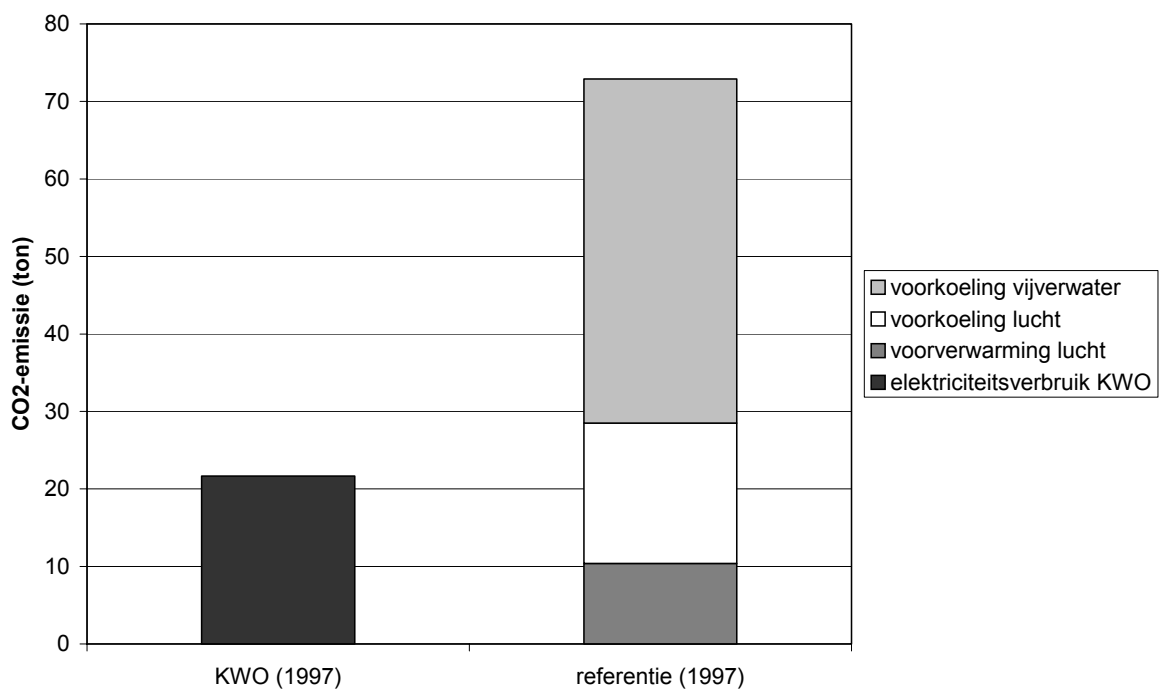
Figuur 5.4: Primair energieverbruik van de drie meetjaren 1997, 1998 en 1999

5.2 Reductie van de CO₂-emissie

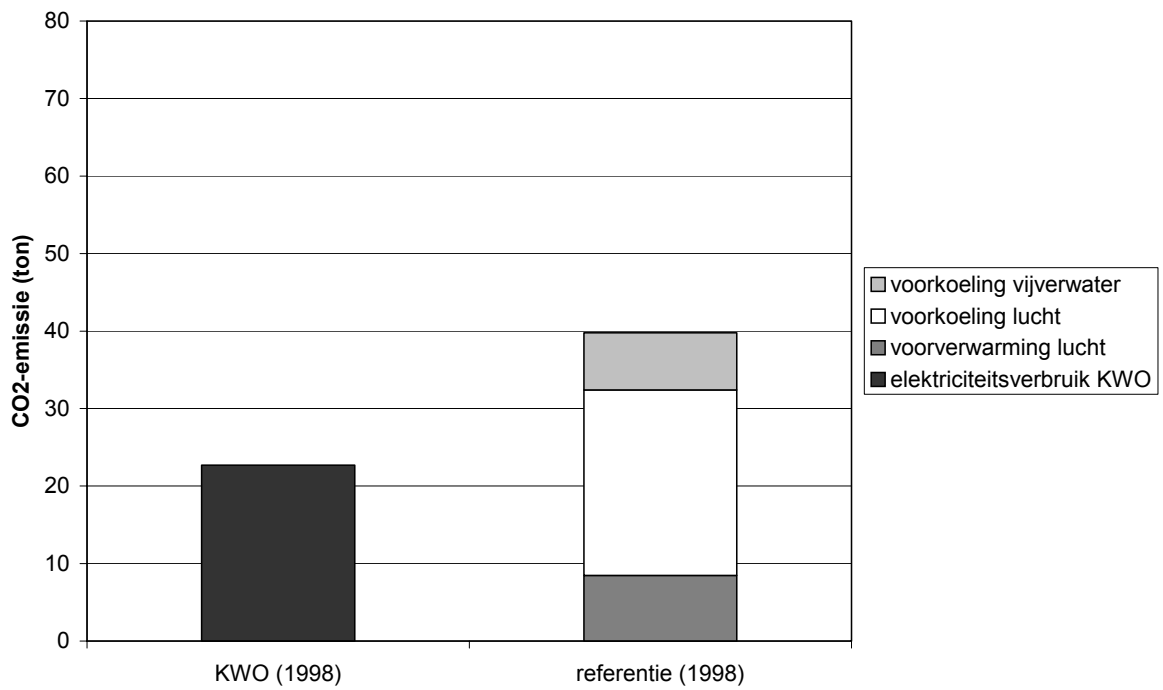
Voor de bepaling van de reductie van de CO₂-emissie worden naast de veronderstellingen gemaakt bij de bepaling van de primaire energiebesparing volgende aannames gedaan:

- de CO₂-emissiefactor voor de productie van elektriciteit bedraagt 624 gr CO₂/kWh_e (zie bijlage 2)
- de CO₂-emissiefactor van aardgas bedraagt 55 g CO₂/MJ.

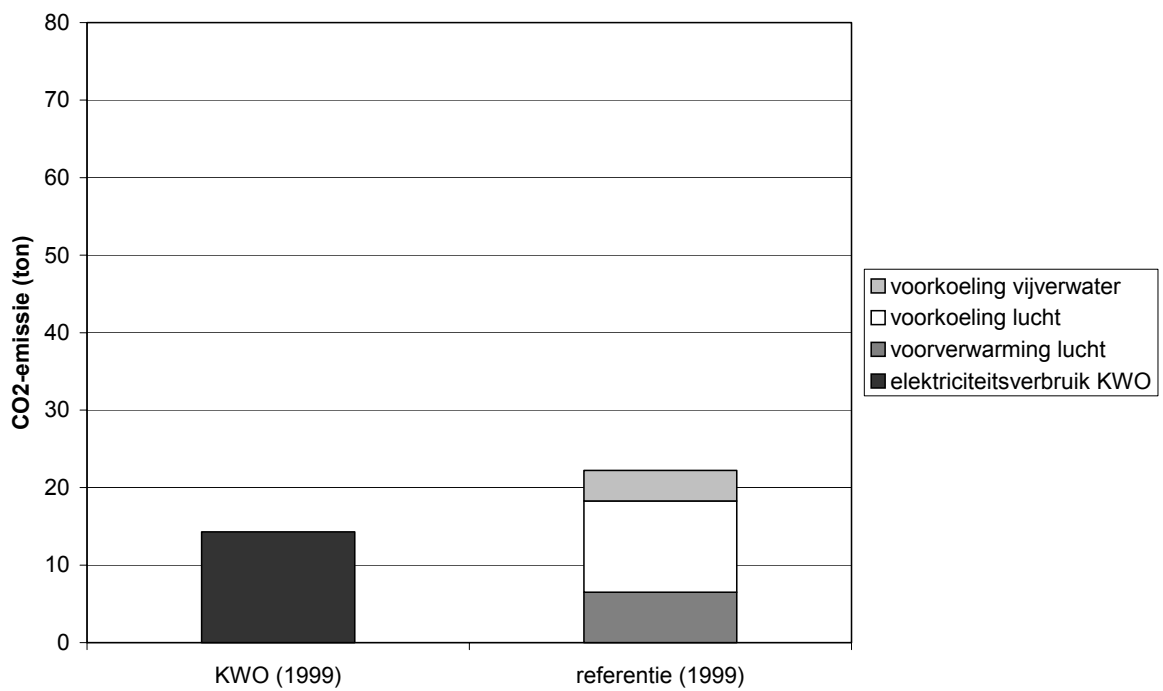
Figuur 5.5, 5.6 en 5.6 geven een overzicht van de CO₂-emissie van het KWO-systeem en van de referentiesituatie voor respectievelijk 1997, 1998 en 1999.



Figuur 5.5: CO₂-emissie KWO en referentie in 1997



Figuur 5.6: CO₂-emissie KWO en referentie in 1998



Figuur 5.7: CO₂-emissie KWO en referentie in 1999

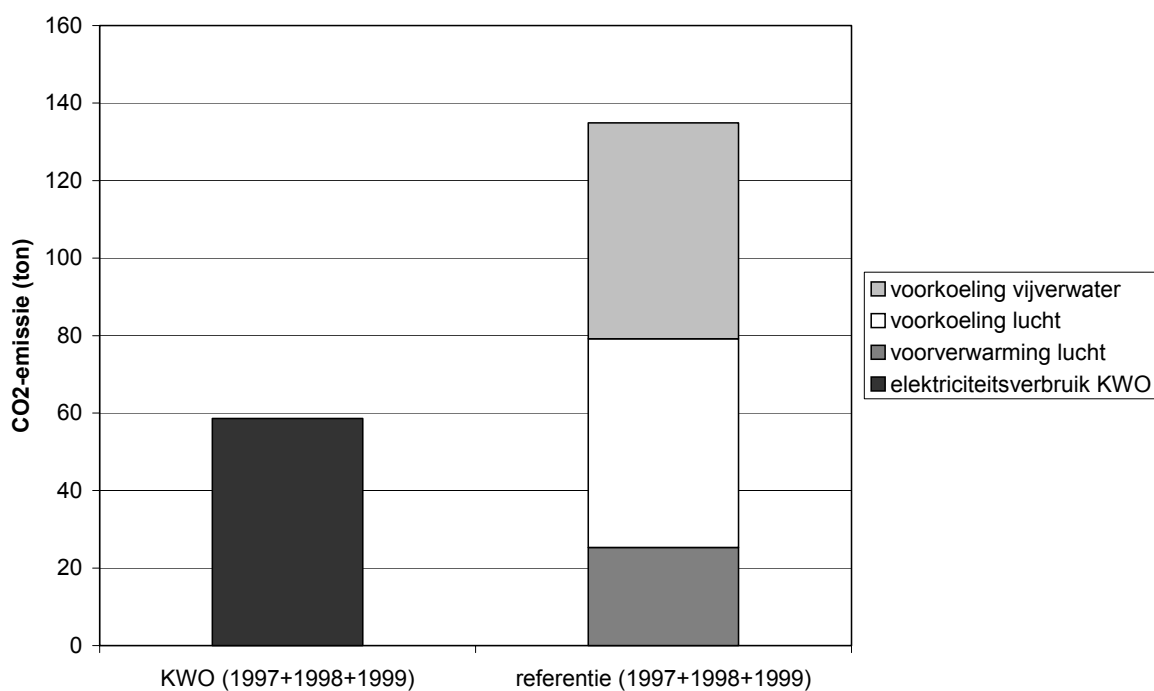
Uit de gegevens blijken de volgende zaken:

- De CO₂-emissie van het KWO-systeem verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1998 werd 23 ton CO₂/jaar uitgestoten door de KWO, in 1999 slechts 14 ton CO₂/jaar. Ook de CO₂-emissie in de referentiesituatie verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1997 zou 73 ton CO₂/jaar uitgestoten worden zijn, in 1999 slechts 22 ton CO₂/jaar.
- De reductie van de CO₂-emissie ligt tussen 8 ton CO₂/jaar (1999) en 51 ton CO₂/jaar (1997) met een gemiddelde van 25 ton CO₂/jaar. Over de drie jaar samen werd de uitstoot van CO₂ met 76 ton gereduceerd.
- De relatieve reductie van de CO₂-emissie ligt tussen 36% (1999) en 70% (1997) met een gemiddelde van 57%.

Tabel 5.2 en figuur 5.8 geven een overzicht van de CO₂-emissie over de drie meetjaren.

Tabel 5.2: CO₂-emissie over de meetperiode

	CO ₂ -emissie KWO (ton)	CO ₂ -emissie referentie (ton)	reductie CO ₂ -emissie (ton)	reductie CO ₂ -emissie (%)
1997	22	73	51	70
1998	23	40	17	43
1999	14	22	8	36
totaal: 1997+1998+1999	59	135	76	57
gemid. 1997+1998+1999	20	45	25	57



Figuur 5.8: Overzicht CO₂-emissie KWO en referentie over de meetperiode

6 ECONOMISCHE EVALUATIE

6.1 Investerings

De investering in de KWO bedroeg 23.276.000 BEF. Voor de bijkomende investering in de referentiesituatie (klassieke koelmachine) wordt een totaalbedrag van 10.000.000 BEF vooropgesteld zodat de nettomeerinvestering 13.276.000 BEF bedraagt.

6.2 Kostenbesparing

a) Elektriciteitsverbruik KWO

Het elektriciteitsverbruik van de KWO kan opgesplitst worden in dit voor het laden en dit voor het ontladen. Het elektriciteitsverbruik tijdens het laden wordt verrekend aan het nachttarief, voor de verrekening van het verbruik voor het ontladen wordt het dagtarief gehanteerd. Het gehanteerde tarief is het uurseizoenstarief.

Het elektriciteitsverbruik (kWh) van de KWO bedraagt 187.000 BEF (3 meetjaren). De bijkomend vermogenterm (kW) kost 369.000 BEF (maandtermen + jaartermen en dit over de drie meetjaren) zodat de totale elektriciteitsrekening voor de KWO 556.000 BEF (3 meetjaren) bedraagt.

b) Elektriciteitsverbruik referentiesituatie

Het bijkomend elektriciteitsverbruik (kWh) in de referentiesituatie wordt verrekend aan het dagtarief (uurseizoenstarief) en bedraagt 350.000 BEF (3 jaren). Het bijkomend vermogen is aanzienlijk en bedraagt 1.612.000 BEF (3 jaren) zodat de totale elektriciteitsrekening voor het bijkomend verbruik in de referentiesituatie 1.962.000 BEF (3 jaren) bedraagt.

c) Bijkomend brandstofverbruik referentiesituatie

Het bijkomend aardgasverbruik bedraagt 70.000 BEF (3 jaren).

d) Onderhoudskosten

De onderhoudskosten van de KWO bedroeg 1.555.000 BEF (3 jaren). Voor de klassieke koelmachine in de referentiesituatie wordt 1.200.000 BEF (3 jaren) vooropgesteld zodat de netto onderhoudskost 355.000 BEF (3 jaren) bedraagt.

Tabel 6.1 geeft een overzicht van energiekostenbesparing.

De KWO-installatie realiseert een energiekostenbesparing van 1.476.000 BEF (3 jaren); met inbegrip van de onderhoudskosten is het project echter verlieslatend.

Tabel 6.1: Overzicht energiekostenbesparing KWO (3 meetjaren)

	KWO (BEF)	Referentiesituatie (BEF)
Elektriciteitsverbruik KWO	556.000	-
Elektriciteitsverbruik referentiesituatie	-	1.962.000
Brandstofverbruik referentiesituatie	-	70.000
Onderhoudskosten	1.555.000	1.200.000
Totaal	2.111.000	3.232.000
Besparing	-	1.121.000

De energiekostenbesparing met de KWO ten opzichte van de referentiesituatie bedroeg 1.476.000 BEF (over de drie meetjaren). De netto meerkost voor onderhoud bedroeg 355.000 BEF.

De gemiddelde energiekostenbesparing van het KWO-systeem op jaarbasis is dus 492.000 BEF/jaar. Voor onderhoud is de gemiddelde meerkost op jaarbasis 118.000 BEF/jaar. Met een nettomeerinvestering van 13.276.000 BEF geeft dit een terugverdientijd van 35,5 jaar (exclusief subsidie). Wanneer de subsidie mee in rekening gebracht wordt, dan bedraagt de terugverdientijd 21,1 jaar. Deze terugverdientijd is hoog voor een dergelijke installatie. Bij KBC ligt de klemtoon dan ook bij de bedrijfszekerheid van de koeling van het gebouw. KBC wil ten alle prijze vermijden dat de koelcapaciteit ontoerijkend is bij een hete zomer.

7 MENING VAN DE EIGENAAR KBC

Door de toenemende bezetting van het gebouw en bijhorende informatica-apparatuur was de warmtelast in 1996 zodanig gestegen dat de installatie van een bijkomende koeling noodzakelijk bleek.

De koude-warmteopslag leek een ideaal systeem omdat hierdoor op een energie- en milieuvriendelijke manier verschillende objectieven konden bereikt worden: het verkoelen van een gedeelte buitenlucht voor de ventilatie, het afvoeren van de condensorwarmte van de koelmachines tijdens de zomer en het voorverwarmen van een gedeelte verse buitenlucht tijdens de winter.

Sinds de installatie van de koude-warmteopslag in 1997 heeft de installatie verschillende kinderziektes gekend waardoor deze niet op zijn volle capaciteit heeft kunnen draaien.

Zo heeft men in 1997 de problematiek van de verstopping van de bronnen gekend waardoor een grote spui noodzakelijk was voor het regenereren van de bronnen.

In 1998 heeft men geconstateerd dat het draaien met een pompdebiet van 100 m³/h te hoge injectiedrukken veroorzaakte waardoor de beveiligingen in werking traden. Hierdoor werd de werking van het systeem permanent beperkt tot 66 m³/h. In 1999 werd beslist drukopnemers te installeren met een grotere range, tot op heden werkt deze oplossing bevredigend en kan op maximaal debiet gewerkt worden.

In 1999 werd op één van de onderwaterpompen een elektrisch isolatieverlies vastgesteld waardoor een revisie noodzakelijk bleek. Deze werd in begin 2000 uitgevoerd.

Door deze bovenvermelde oorzaken en relatief ‘warme’ winters zijn de vooropgestelde debieten niet gehaald.

Steeds werd getracht maximaal te laden om de opgeslagen ‘koude’ in de zomer te kunnen gebruiken voor het afvoeren van de condensorwarmte van de koelmachines, zodat deze met een maximaal rendement konden draaien. Dit objectief werd steeds gehaald.

Door de verschillende vermelde problemen zijn de vooropgestelde objectieven van energiebesparing niet gehaald. Een permanente opvolging van het systeem en een accuraat en snel ingrijpen bij problemen blijkt noodzakelijk. Hierdoor trachten wij naar maximale energiebesparing en een minimale belasting van het milieu te komen.

Rik Van Weerd
Beheerder Technische Installaties
KBC

Walter Verhaeren
Facility Manager
KBC

8 BESLUIT

Over de meetperiode van drie jaar heeft het KWO-systeem 4.992 draaiuren gemaakt waarbij 210.028 m³ grondwater verplaatst werd. Hiervan werd 89.467 m³ verplaatst voor het laden van koude, 116.345 m³ voor het ontladen van koude en 4.216 m³ voor het spuien. Het KWO-systeem heeft hierbij 94 MWh aan elektriciteit verbruikt, 2.316 GJ aan warmte geleverd en 2.620 GJ aan koude geleverd. Het grootste gedeelte van de koude (82%) werd geladen via de vijver, slechts een beperkt deel via de luchtvoorbehandelingsgroepen. De ontlading van de koude gebeurde hoofdzakelijk via de luchtvoorbehandelingsgroepen (57%).

De meetresultaten verschillen wel sterk van jaar tot jaar en ook ten opzichte van wat vooropgesteld werd.

grondwaterverplaatsing

Voor het koude laden werd er in 1997 (46.983 m³) meer dan dubbel zoveel grondwater verplaatst vergeleken met 1998 (21.324 m³) en 1999 (21.160 m³). In 1998 (66.862 m³) werd er daarentegen dubbel zoveel grondwater verplaatst voor het koude ontladen vergeleken met 1997 (35.912 m³). In 1999 werd weinig grondwater verplaatst voor koude ontladen (13.571 m³).

koude laden

In 1997 (1.039 GJ) werd veel meer koude geladen vergeleken met 1998 (668 GJ) en 1999 (608 GJ). Het verschil zit vooral in het laden via de luchtvoorbehandelingsgroepen. Daarnaast is er een duidelijk verschil tussen wat vooropgesteld werd en de praktijk. Er werd vooropgesteld dat 3.564 GJ/jaar aan koude zou geladen worden. In de praktijk blijkt dat slechts 289 GJ/jaar tot 608 GJ/jaar aan koude geladen werd. Dit is slechts 22% van wat vooropgesteld werd. De oorzaak ligt waarschijnlijk aan het feit dat het systeem gebruikt wordt om pieken op te vangen en niet om de basisvraag te dekken (zoals oorspronkelijk vooropgesteld). Verder blijkt er een verschil tussen de manier waarop geladen wordt. Er werd vooropgesteld dat een groot gedeelte van de koude (83%) via de luchtvoorbehandelingsgroepen zou geladen worden. In de praktijk varieert dit echter tussen 16% en 21%. De vijver leverde dus in de praktijk een groot gedeelte van de koude.

koude ontladen

Ook qua koude ontladen zijn er verschillen tussen de jaren. In 1997 werd veel meer koude ontladen (1.400 GJ) dan 1998 (813 GJ) en 1999 (407 GJ) samen. In 1997 werd het grootste gedeelte van de koude (64%) gebruikt voor het verkoelen van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines. In de andere jaren (1998 – 1999) ligt deze verhouding anders: respectievelijk 18% en 20%. Er zijn duidelijke verschillen tussen de vooropgestelde energiehoeveelheden en de gemeten waarden zowel op het vlak van koude ontladen via verkoeling pulsieelucht als koude ontladen via verkoeling van het vijverwater voor de condensoren van de koelmachines. Wanneer de som gemaakt wordt van de ontladen koude over de drie meetjaren (2.620 GJ), dan is dit kleiner dan wat vooropgesteld werd per jaar

(3.564 GJ/jaar). Gemiddeld gezien werd slecht 25% bereikt ten opzicht van de vooropgestelde waarden. (43% voor het koude ontladen via voorcoeling lucht en 16% voor het koude ontladen via voorcoeling vijverwater condensors). De reden hiervoor werd reeds vermeld.

De warmtevraag van het kantoorgebouw over de drie jaar samen bedroeg 41.626 GJ. De warmtevraag in 1997 (12.912 GJ/jaar) was ongeveer gelijk aan de warmtevraag in 1998 (12.847 GJ/jaar). In 1999 (15.867 GJ/jaar) was de totale warmtevraag 23% hoger ten opzicht van de vorige jaren. Het grootste gedeelte van de warmtevraag (99%) wordt gedekt met de ketels. Voorverwarming van de pulsielucht met KWO vormt slechts een klein gedeelte (1%).

De totale koudevraag van het kantoorgebouw bedroeg over de twee laatste meetjaren (1998+1999) 18.713 GJ. Het grootste gedeelte van de koudeproductie (95%) gebeurt met de koelmachines, de voorcoeling van de lucht met KWO vertegenwoordigt 5% in de totale koudevraag van het gebouw. De totale koudevraag van het kantoorgebouw op jaarbasis verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1999 (8.040 GJ) lag de koudevraag 25% lager dan in 1998 (10.673 GJ). Van 1997 zijn geen volledige gegevens beschikbaar.

Over de drie meetjaren werd met het KWO-systeem een primaire energiebesparing van 59% of 1.128 GJ gerealiseerd ten opzichte van de referentiesituatie. Het primair energieverbruik van het KWO-systeem verschilt wel sterk van jaar tot jaar. In 1998 werd 297 GJ/jaar verbruikt door de KWO, in 1999 187 GJ/jaar. Ook het primair energieverbruik in de referentiesituatie verschilt sterk van jaar tot jaar. In 1997 zou 1.009 GJ/jaar nodig geweest zijn, in 1999 slechts 324 GJ/jaar.

Over de drie jaar samen werd de uitstoot van CO₂ met 76 ton of 57% gereduceerd.

De gemiddelde energiekostenbesparing van het KWO-systeem op jaarbasis is 492.000 BEF/jaar. Voor onderhoud is de gemiddelde meerkost op jaarbasis 118.000 BEF/jaar. Met een nettomeerinvestering van 13.276.000 BEF geeft dit een terugverdientijd van de investering van 35,5 jaar (exclusief subsidie). Wanneer de subsidie mee in rekening gebracht wordt, dan bedraagt de terugverdientijd 21,1 jaar. Deze terugverdientijd is hoog voor een dergelijke installatie. Bij KBC ligt de klemtoon dan ook bij de bedrijfszekerheid van de koeling van het gebouw.

BIJLAGE I: OVERZICHT 1997

	KWO koude laden (GJ)	KWO koude ontladen (GJ)	KWO lucht-voorverwarming (GJ)	KWO lucht-voorkoeling (GJ)	KWO grondwater-verplaatsing laden (m³)	KWO grondwater-verplaatsing ontladen (m³)	KWO spui (m³)	KWO elektriciteit (kWh)
jan 1997	631	0	82	0	23914	0	281	9042
febr 1997	174	0	19	0	13695	0	2313	5669
maart 1997	2	1	0	1	1620	221	381	1162
april 1997	0	0	0	0	76	0	0	281
mei 1997	2	8	2	8	158	440	0	447
juni 1997	0	77	0	59	0	3613	31	1617
juli 1997	0	314	0	77	0	7788	96	324v1
aug 1997	0	908	0	272	0	17686	185	6724
sept 1997	0	81	0	77	0	5582	52	2203
okt 1997	13	10	13	9	1106	582	101	1264
nov 1997	4	0	4	0	175	0	0	282
dec 1997	214	0	50	0	6239	0	0	2783
totaal 1997	1039	1400	170	503	46983	35912	3440	34713

	Geleverde warmte aardgasketels (GJ)	Geleverde warmte stookolieketels (GJ)	Geleverde koeling koelmachines (3°C) (GJ)	Ijsproductie koemachines (-5°C) (GJ)
jan 1997	2715	0	(*)	(*)
febr 1997	1499	0	(*)	(*)
maart 1997	958	0	(*)	(*)
april 1997	1009	0	(*)	(*)
mei 1997	589	0	(*)	(*)
juni 1997	410	0	(*)	(*)
juli 1997	639	0	(*)	(*)
aug 1997	301	0	(*)	(*)
sept 1997	442	0	(*)	(*)
okt 1997	301	678	324	370
nov 1997	59	931	219	337
dec 1997	2209	0	203	297
totaal 1997	11133	1609	745	1003

(*) geen gegevens beschikbaar

BIJLAGE I: OVERZICHT 1998

	KWO koude laden (GJ)	KWO koude ontladen (GJ)	KWO lucht- voorverwarming (GJ)	KWO lucht- voorkoeling (GJ)	KWO grondwater- verplaatsing laden (m³)	KWO grondwater- verplaatsing ontladen (m³)	KWO spui (m³)	KWO elektriciteit (kWh)
jan 1998	258	0	58	0	7132	0	0	3083
febr 1998	151	0	30	0	4033	0	53	1737
maart 1998	7	2	7	2	467	134	0	443
april 1998	0	7	0	6	240	324	54	582
mei 1998	0	107	0	103	0	4486	0	1877
juni 1998	0	137	0	94	0	6730	0	2877
juli 1998	0	140	0	133	0	15875	0	5984
aug 1998	0	271	0	186	0	21757	0	8748
sept 1998	0	145	0	137	0	17334	0	6561
okt 1998	0	3	0	3	0	222	669	542
nov 1998	13	0	13	0	886	0	0	519
dec 1998	239	0	30	0	8567	0	0	3399
totaal 1998	668	813	139	664	21324	66862	776	36352

	Geleverde warmte aardgasketels (GJ)	Geleverde warmte stookolieketels (GJ)	Geleverde koeling koelmachines (3°C) (GJ)	Ijsproductie koemachines (-5°C) (GJ)
jan 1998	2049	0	290	346
febr 1998	1465	0	190	252
maart 1998	1404	0	193	349
april 1998	930	0	200	397
mei 1998	376	0	711	483
juni 1998	332	0	535	647
juli 1998	385	0	564	557
aug 1998	318	0	880	571
sept 1998	595	0	732	447
okt 1998	945	0	371	257
nov 1998	1473	0	335	182
dec 1998	2438	0	264	257
totaal 1998	12708	0	5264	4745

BIJLAGE I: OVERZICHT 1999

	KWO koude laden (GJ)	KWO koude ontladen (GJ)	KWO lucht- voorverwarming (GJ)	KWO lucht- voorcooling (GJ)	KWO grondwater- verplaatsing laden (m ³)	KWO grondwater- verplaatsing ontladen (m ³)	KWO spui (m ³)	KWO elektriciteit (kWh)
jan 1999	201	0	24	0	7039	0	0	2854
febr 1999	309	0	53	0	11747	0	0	5719
maart 1999	0	5	0	5	141	161	0	485
april 1999	0	5	0	5	0	398	0	598
mei 1999	0	23	0	23	0	1223	0	926
juni 1999	0	64	0	44	0	3073	0	1956
juli 1999	0	72	0	68	0	1651	0	1276
aug 1999	0	150	0	103	0	4156	0	3416
sept 1999	0	89	0	80	0	2910	0	3499
okt 1999	0	0	0	0	0	0	0	206
nov 1999	21	0	6	0	581	0	0	551
dec 1999	78	0	24	0	1652	0	0	1420
totaal 1999	608	407	106	327	21160	13571	0	22906

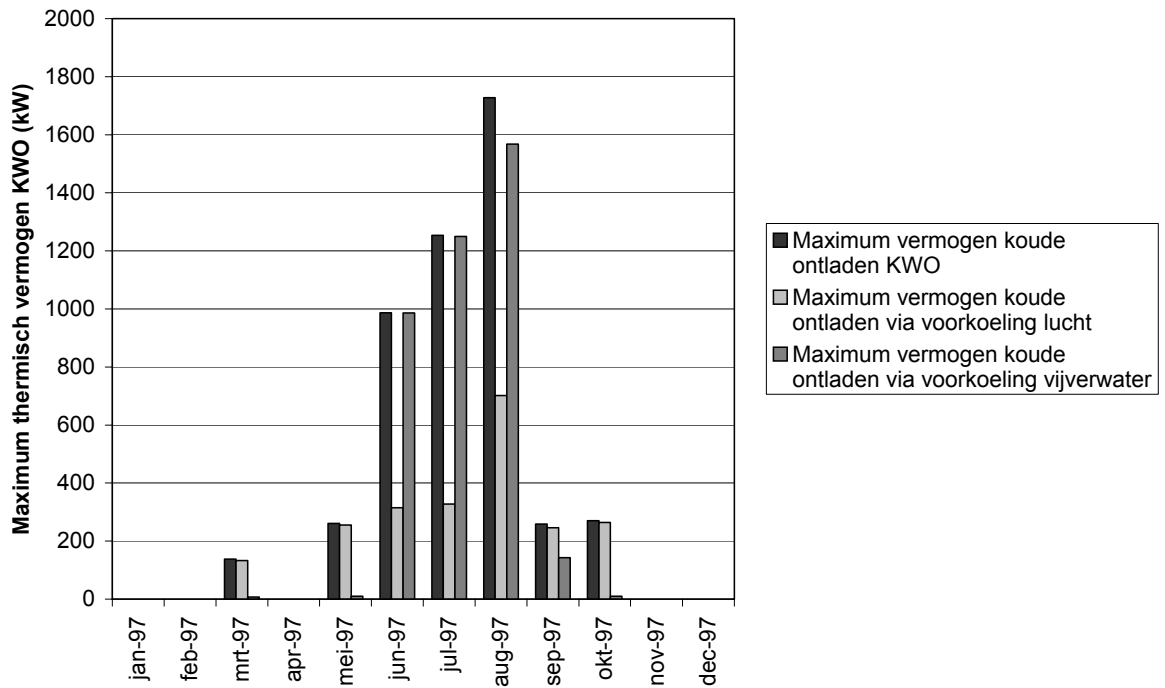
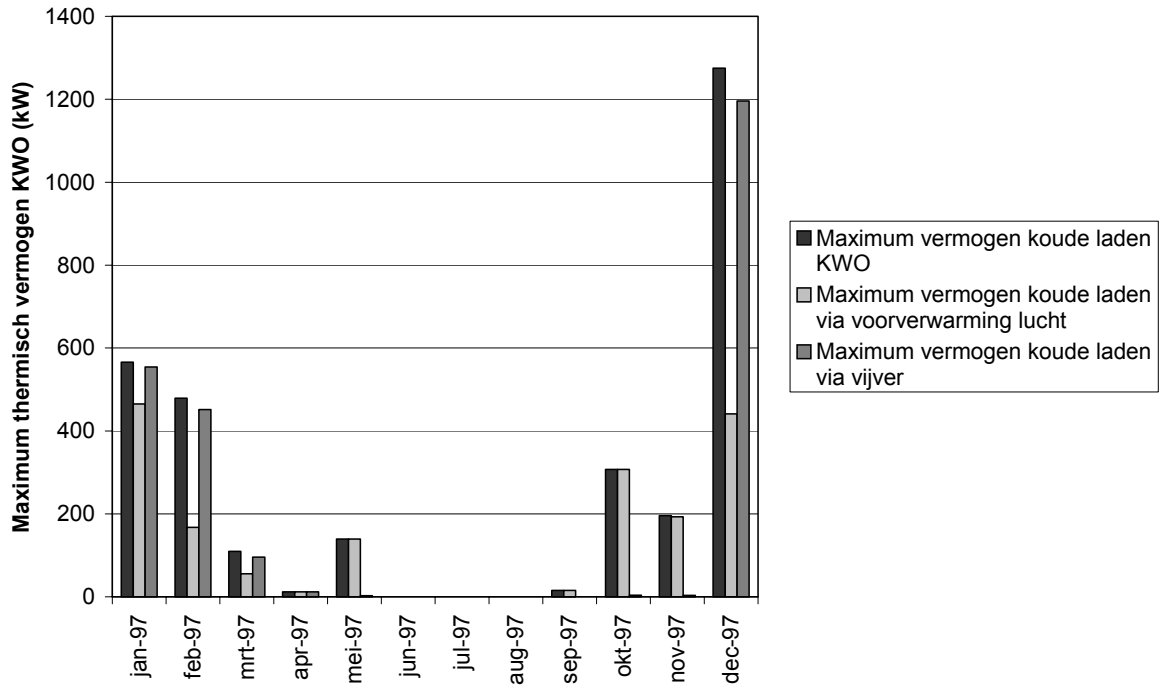
	Geleverde warmte aardgasketels (GJ)	Geleverde warmte stookolieketels (GJ)	Geleverde koeling koelmachines (3°C) (GJ)	Ijsproductie koemachines (-5°C) (GJ)
jan 1999	1809	0	194	284
febr 1999	2088	0	170	222
maart 1999	1618	0	211	238
april 1999	1144	0	280	316
mei 1999	576	0	551	392
juni 1999	610	0	540	350
juli 1999	518	0	311	160
aug 1999	492	0	635	314
sept 1999	637	0	1050	628
okt 1999	1355	0	223	263
nov 1999	2127	0	68	95
dec 1999	2787	0	72	147
totaal 1999	15761	0	4304	3409

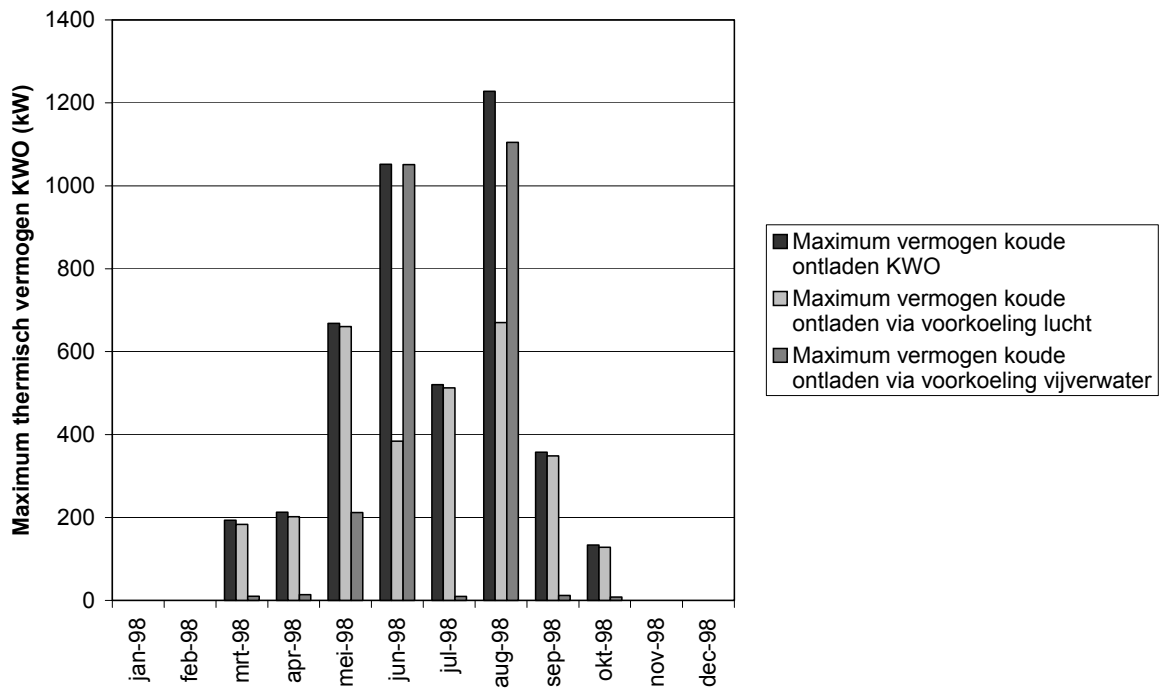
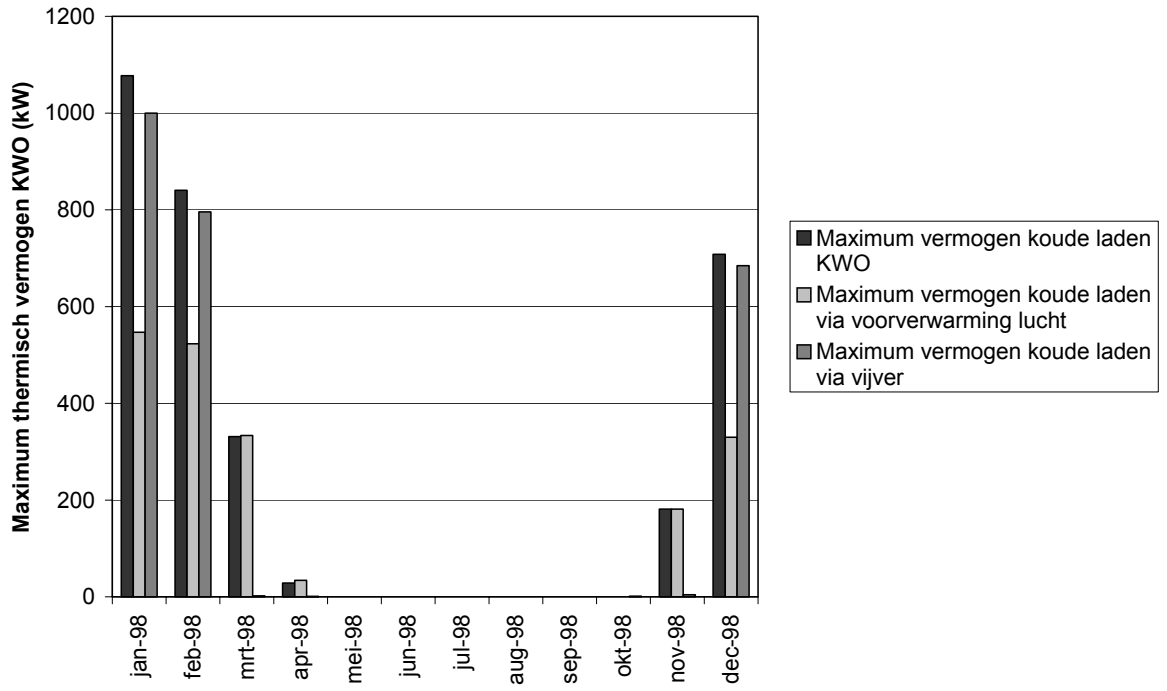
BIJLAGE I: PIEKVERMOGENS KWO

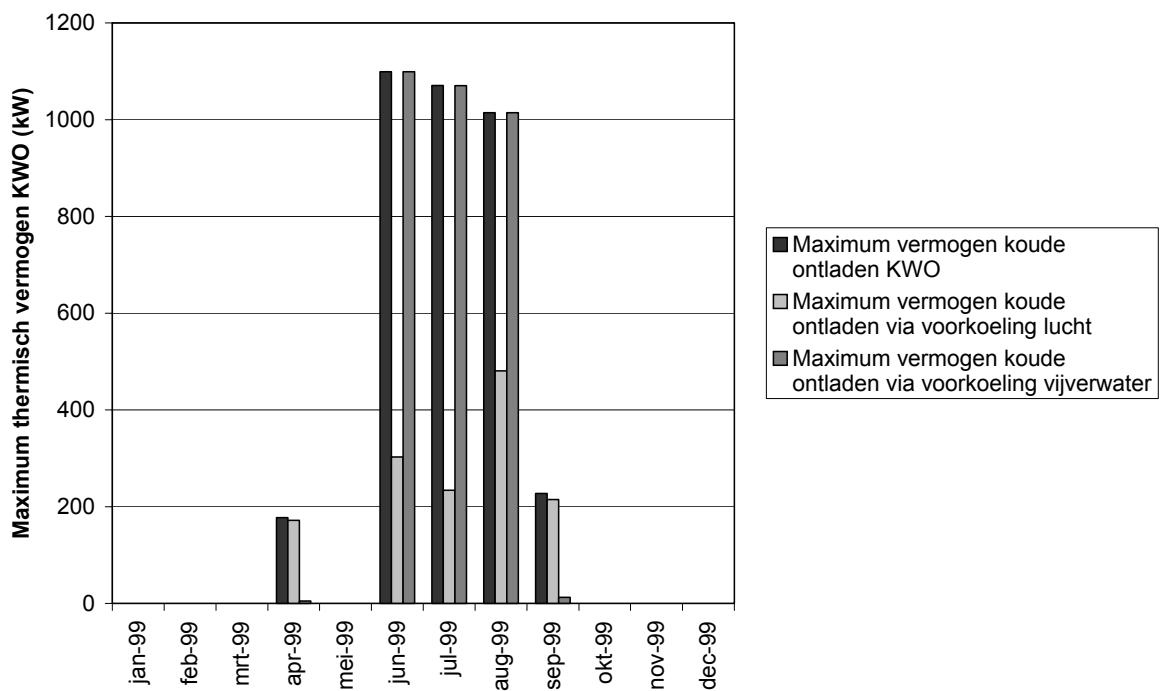
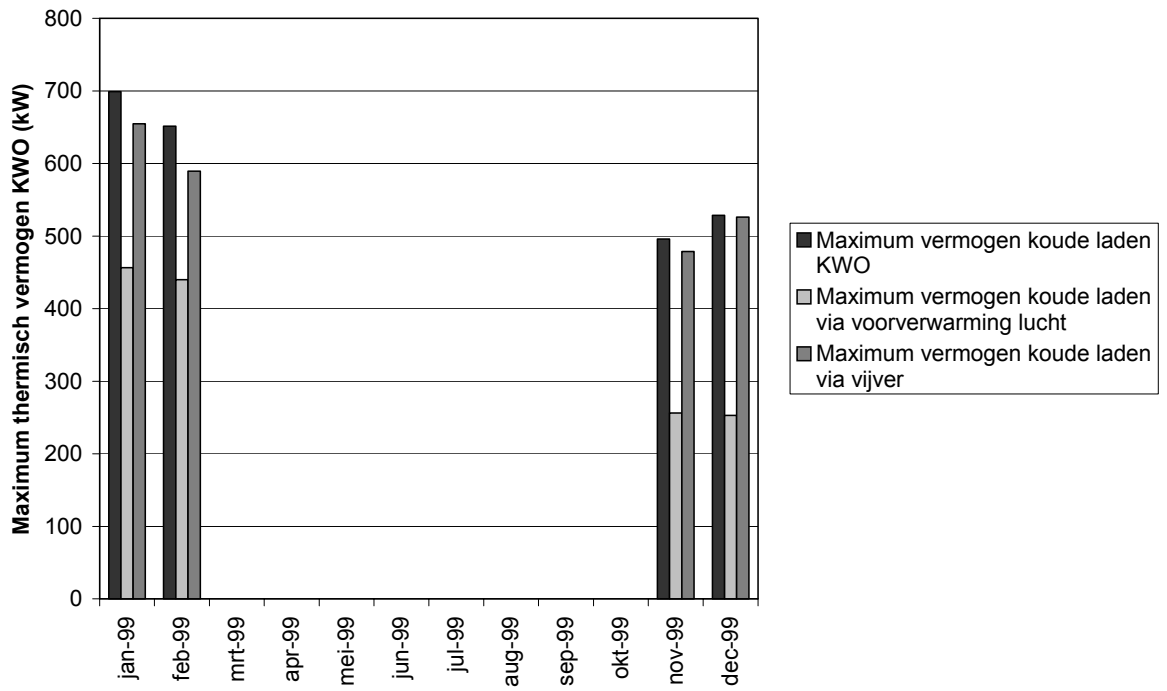
	KWO Piekvermogen koude laden (kW)	KWO Piekvermogen koude laden via voorverwarming lucht (kW)	KWO Piekvermogen koude laden via vijver (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen via voorcooling lucht (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen via voorcooling vijverwater (kW)
jan 1997	566	465	554	0	0	0
febr 1997	479	168	452	0	0	0
maart 1997	110	56	96	138	133	7
april 1997	12	12	12	0	0	0
mei 1997	140	140	3	261	256	10
juni 1997	0	0	0	987	315	986
juli 1997	0	0	0	1254	328	1250
aug 1997	0	0	0	1728	701	1567
sept 1997	15	15	0	259	247	144
okt 1997	307	307	4	270	264	10
nov 1997	196	193	4	0	0	0
dec 1997	1275	441	1196	0	0	0
maximum 1997	1275	465	1196	1728	701	1567

	KWO Piekvermogen koude laden (kW)	KWO Piekvermogen koude laden via voorverwarming lucht (kW)	KWO Piekvermogen koude laden via vijver (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen via voorcooling lucht (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen via voorcooling vijverwater (kW)
jan 1998	1077	547	1000	0	0	0
febr 1998	841	523	796	0	0	0
maart 1998	331	334	2	194	183	10
april 1998	28	34	1	213	202	14
mei 1998	0	0	0	668	661	212
juni 1998	0	0	0	1052	384	1051
juli 1998	0	0	0	521	512	10
aug 1998	0	0	0	1228	670	1105
sept 1998	0	0	0	358	348	12
okt 1998	0	0	1	133	129	8
nov 1998	182	182	4	0	0	0
dec 1998	708	330	685	0	0	0
maximum 1998	1077	547	1000	1228	670	1105

	KWO Piekvermogen koude laden (kW)	KWO Piekvermogen koude laden via voorverwarming lucht (kW)	KWO Piekvermogen koude laden via vijver (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen via voorkoeling lucht (kW)	KWO Piekvermogen koude ontladen via voorkoeling vijverwater condensors (kW)
jan 1999	699	456	655	0	0	0
febr 1999	652	440	589	0	0	0
maart 1999	0	0	0	0	0	0
april 1999	0	0	0	177	172	5
mei 1999	0	0	0	0	0	0
juni 1999	0	0	0	1099	303	1099
juli 1999	0	0	0	1071	234	1070
aug 1999	0	0	0	1015	481	1014
sept 1999	0	0	0	227	215	13
okt 1999	0	0	0	0	0	0
nov 1999	496	256	479	0	0	0
dec 1999	528	253	526	0	0	0
maximum 1999	699	456	655	1099	481	1099







BIJLAGE II: RENDEMENT EN CO₂-EMISSIEFACTOR ELEKTRICITEITSPARK

De afleiding van de gehanteerde CO₂-emissiefactor voor elektriciteit (624 g/kWh) en het rendement wordt in deze bijlage meer specifiek beschreven.

- Volgens [1] zijn de aandelen brandstof in de elektriciteitsvoorziening in 2000 als volgt:
- 15,9% steenkool;
- 26,4% aardgas (voornamelijk STEG).
- Het rendement van een steenkoolcentrale bedraagt volgens [1] 36,5%; dit leidt tot een CO₂-emissiefactor van 962 g/kWh_{el}.
- Voor aardgas wordt verondersteld dat in 2000 het conversierendement gemiddeld 48% bedraagt, wat leidt tot een CO₂-emissie van de elektriciteitsproductie met deze primaire energievorm van 420 g/kWh_{el}.

Het rendement en de CO₂-emissiefactor worden dan als volgt bepaald:

- rendement: $(0,159*36,5+0,264*48)/(0,159+0,264) = 44\%$
- CO₂-factor: $(0,159*962+0,264*420)/(0,159+0,264) = 624 \text{ g/kWh}$.

REFERENTIES

1. P. Bulteel en F. Vandenberghe, Elektriciteitsproductie en CO₂-emissies, Informatiedag CO₂, Laborelec, Linkebeek, mei 1993.