

# Haalbaarheidsonderzoek voor de duurzame renovatie van de installaties bij Vernieuwend Wonen Maastricht

## TWEEDE VERSIE, CONCEPT

25 augustus 2008  
ir. E.G. Israëls

BOOM S/I  
Rotterdamseweg 183 C  
2629 HD Delft

In opdracht van Vernieuwend Wonen Maastricht

## Inhoud

- 1 Inleiding / samenvatting 3**
- 2 Projectdefinitie 4**
  - omschrijving project
  - doelstelling
  - Uitgangspunten voor de berekeningen en beoordeling
- 3 Huidige toestand en verbruik 5**
  - Algemene beschouwing
  - Huidige energieverbruik
- 4 Varianten ruimteverwarming 7**
  - Ketels
  - Bouwkundig
  - Duurzaam
- 5 Varianten warmtapwater**
- 6 Varianten elektriciteitsverbruik**
  - besparingen
  - micro-wk-ketel
  - duurzaam
- 7 Varianten autogebruik**
- 8 De school en de woningen van Domimium**
- 9 Conclusie**

## Bijlagen

1. Automatiseren van de regeling van het circulatie systeem voor warmtapwater.
2. Ideëen die er leven om duurzame energie te implanteren in cluster Mandala.
3. Tabellen overzichten

## 1 Inleiding / Samenvatting

De installaties in de 80 woningen van VWM zijn in 2010 twintig jaar oud en technisch gezien aan vervanging toe. Hiervoor zijn reserveringen gemaakt. VWM heeft de ambitie om bij deze vernieuwing ook een flinke verduurzaming door te voeren.

Dit rapport betreft een advies voor het project met 80 woningen, een aantal gemeenschappelijke ruimtes en een aantal bedrijfsruimtes (o.a. een café-restaurant). Met een schuin oog zullen we ook kijken naar de naast het project liggende basisschool (vrije school), kinderopvang en het appartementencomplex Dominium (ca. 100 woningen van een woningbouwvereniging). In eerste instantie kijken we echter naar het VWM-project. Het project heeft nu per cluster van ca. 7 woningen een gezamenlijke VR-ketel met zonneboiler, uitgezonderd 7 eengezinswoningen die een individuele Combiketel hebben. Er wordt mechanisch afgezogen met een twee-standenschakelaar en ventilatorbox per woning. Er zijn inmiddels wel al 3 zonneboilers vernieuwd. De thermische schil heeft een Rc van 2,5 en de ramen zijn uitgevoerd in hout met dubbel glas. Via onze compagnon Leo Gommans zijn de energieverbruiksgegevens van verschillende jaren (1990-2000) beschikbaar.

Naast een omschrijving wat minimaal nodig is ter vervanging van de afgeschreven installaties, geven we aandacht aan zaken als warmtekracht, biomassa (hout), uitbreiding zonnecollectoren, seizoensopslag van warmte, PV-cellen, gebouwgebonden windmolens. Maar ook aan maatregelen die per cluster of woning (zeer hoog rendementsglas en warmtepomp(boiler), gelijkstroomventilatoren) overwogen kunnen worden. Per maatregel beschrijven we wat die omvat, welke impact die heeft tijdens de uitvoering, de verwachte energie besparing en de kosten.

We zoeken naar oplossingen die innovatief zijn doch niet met grote risico's. Het totaal pakket van maatregelen dient zich op de een of andere wijze terug te verdienen, hetzij met subsidies of financiering uit onderzoeksgelden of een dergelijke meerwaarde te hebben dat deze de ledenvergadering kan overtuigen om hier in te financieren

De uitwerking van de gekozen oplossing, aanvragen van offertes en de begeleiding van de bouw zijn de volgende stappen die gezet moeten worden.

## 2 Projectdefinitie

### doelstelling

Een zo groot mogelijke verduurzaming van het energieverbruik tegen aanvaardbare kosten.

### Uitgangspunten voor de berekeningen en beoordeling

Alle investeringen zijn exclusief btw

Rendement van de elektriciteits opwekking is 42 % op onderwaarde. Dit lijkt op dit moment een goed compromis als we kijken naar de volgende ontwikkelingen:

- Huidige rendement elektriciteitsopwekking is 40%;
- Hoogste rendement op dit moment is 55%
- Effecten van deregulering die wijzen op versterkte inzet van centrales op goedkope brandstof ((bruin)kool; kernenergie) met een slecht rendement.

Gezien de onzekerheid over de brandstofmix van elektriciteitscentrales in de nabije toekomst is er vanaf gezien om de vermeden CO<sub>2</sub> te berekenen. De berekende primaire energiebesparing geeft voldoende indicatie en heeft in elk geval een hoger realiteitsgehalte.

gas prijs inclusief btw en REB € 0,70 / m<sup>3</sup>

elektriciteit hoog tarief inclusief btw en REB € 0,22 / kWh

elektriciteit laag tarief inclusief btw en REB € 0,18 / kWh

Benzine € 1,50 per liter.

houtsnippen van snoeihout uit de omgeving, stookklaar: € 300,- per ton.

Subsidies zijn voorzichtig begroot.

Er is gerekend met een rente percentage van 6 %. Afschrijvingen op basis van annuïteit.

Bij de beoordeling van de haalbaarheid wordt vooral gelet op de terugverdientijd van een compleet pakket aan maatregelen. Daarin kunnen maatregelen zitten met een korte of zelfs negatieve terugverdientijd, die andere, kostbaarder maatregelen compenseren. Op deze manier wordt de maximale energie besparing gerealiseerd tegen aanvaardbare kosten. Het gaat er immers niet om winst te maken met energiebesparing.

### 3 Huidige toestand en verbruik

#### Algemene beschouwing

Onderstaand taart diagram geeft een indruk wat de klimaatverandering veroorzaakt wanneer we die betrekken op de particuliere consumptie.

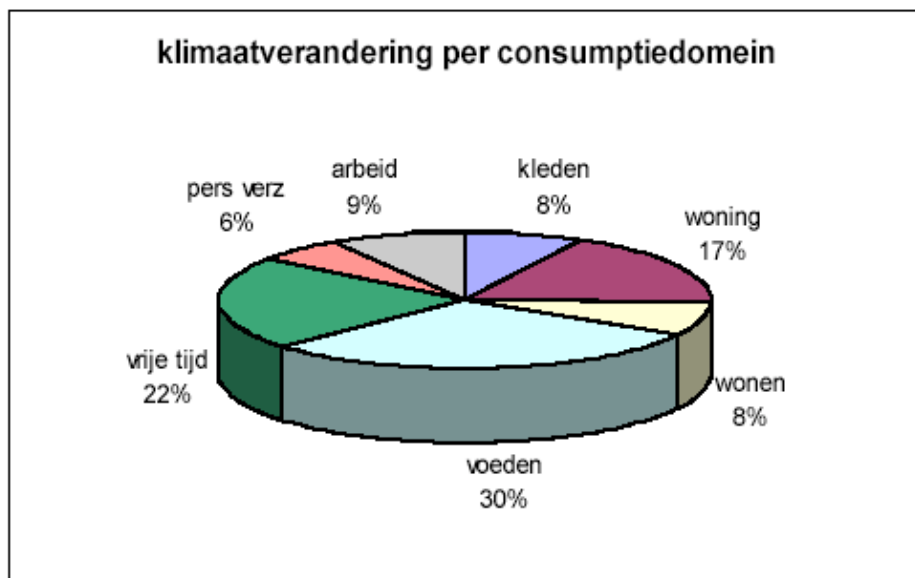


Fig 0.1 broeikaseffect(klimaatverandering) door particuliere consumptie per domein

Uit C. Nijdam en H. Wilting; "Milieudruk consumptie in beeld" RIVM nr. 771404004/2003.

Ruimte verwarming valt onder het domein woning

In het domein arbeid is woonwerk verkeer per auto het overgrote deel

In vrije tijd zit een groot deel van het overige auto verkeer

Bij persoonlijke verzorging het verwarmen van tapwater.

Vanuit het collectief Vernieuwend wonen Maastricht zijn niet alle "domeinen" in bovenstaand overzicht in gelijke mate te beïnvloeden. Kleding, voeding, woning inrichting zijn bijvoorbeeld persoonlijke beslissingen.

Ik beperk me in dit rapport daarom tot de volgende onderdelen.

- tapwaterverwarming.
- ruimteverwarming
- elektriciteitsverbruik
- auto verkeer.

#### Huidige verbruik Ruimteverwarming

Uit vroegere metingen is het gasverbruik voor tapwater te bepalen. Met de bekende gasmeterstanden resteert na aftrek van het verbruik voor warmtapwater het verbruik voor verwarming . Dit is 85.000 m<sup>3</sup> gas.

De gebouw eigenschappen zijn:

- Warmteweerstand dichte delen = 2,5
- U-kozijn met dubbelglas 2,9
- VR -ketels

- Toevoer van ventilatielucht met klepraampjes, afvoer door afzuiging in keukens badkamers en toilet.

### **Huidige verbruik warmtapwater**

Uit de vroegere metingen aan de zonneboilers is de Warmtapwater vraag bekend. Na aftrek van de bijdrage van de zonneboilers resteert de vraag die door de ketels wordt aangevuld. Daar komt het verlies van de circulatiesystemen bij. Dat is ook bekend uit vroeger onderzoek van Leo Gommans. Het gasverbruik voor tapwaterverwarming is 8500 m<sup>3</sup> gas.

De warmtapwater installatie per cluster bestaat uit een "hottop" boiler waarvan het onderste deel wordt verwarmd door de zonnecollector en het bovenste deel door de VR-cv-ketel. Om de schakelverliezen te beperken van deze zware ketel, is de regeling zo gemaakt dat hij maar af en toe de boiler kan verwarmen. Om niet te lang op warmwater te hoeven wachten is er een circulatiesysteem. De pomp hiervan wordt met een klok geschakeld om de verliezen van het systeem te beperken. Dat is goed gelukt, de verliezen zijn vergeleken met andere projecten laag.

### **Huidige verbruik elektriciteit.**

Er is een privé gebruik en een collectief verbruik per cluster voor de collectieve ruimten en de pompen van cv, tapwater en zonneboilers. Ook een aantal bedrijfsruimten verbruiken stroom via een collectieve meter.

Het privé verbruik is bekend van cluster De Bron. Ik heb dit verbruik ook voor alle andere woningen aangehouden. Het is totaal 112.000 kWh

Het collectieve verbruik is bekend uit de opgegeven meterstanden van de meeste clusters. Het is 43.000 kWh waarvan bijna een kwart door de pottenbakkersoven in een atelier.

Om het elektriciteitsverbruik te kunnen vergelijken met andere energieverbruik kan het omgerekend worden naar de hoeveelheid aardgas die nodig zou zijn om die elektriciteit te maken: aargas-aequivalenten

Het totale elektriciteitsverbruik bedraagt 37.000 m<sup>3</sup> aardgas-aequivalent.

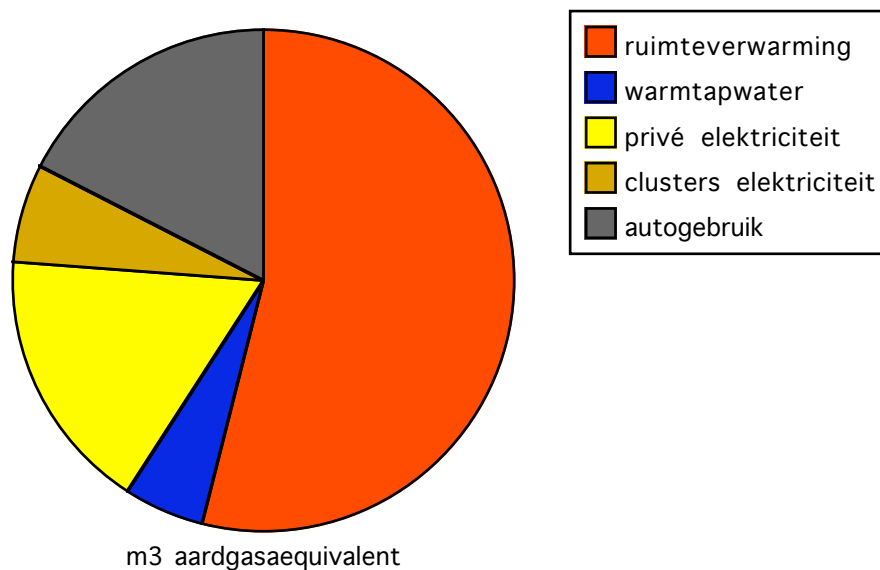
### **Huidige verbruik vervoer per auto**

Dit is geschat op basis van de volgende aannamen:

- 40 auto's
- jaarlijks 10.000 km per auto (landelijk gemiddelde voor niet zakelijke autorijders)
- verbruik van 14 km per liter brandstof.(een redelijk gemiddelde voor een beschaafde rijder)

Het totale verbruik wordt dan 29.000 L Dat kunnen we ook weer omrekenen naar aardgas equivalenten: 28.000 m<sup>3</sup> aardgas-aequivalent.

## Huidige verbruik: totaal overzicht



We willen dit verbruik van fossiele energie tot nul terugbrengen. Daarbij kijken we eerst naar noodzakelijke vervanging van apparatuur, dan naar mogelijkheden van besparing en vervolgens naar de toepassing van duurzame energie.

## 4 Varianten ruimteverwarming

### Ketels

De cv ketels zijn aan vervanging toe en wat rendement betreft zeker niet meer van deze tijd. Ook kennen ze flinke start- en stopverliezen.

Per cluster kunnen ze vervangen worden door twee kleine HR 107 ketels. Als er een beetje warmte nodig is kan één ketel toch continu zachtjes met een hoog rendement branden. De regeling moet aangepast worden op deze nieuwe ketels.

Kosten € 80.000,- Het verbruik wordt 68.000 m3 gas (17.000 m3 gas bespaard)

### Bouwkundig is er een boel te verbeteren.

Het gewone dubbelglas glas in de kozijnen zou nu niet meer toegepast worden. Vervangen van alle glas door HR ++ glas (met een kunststof afstandhouder i.p.v. metaal) kost circa € 170.000,- de besparing 12.000 m3 gas met de nieuwe ketels.

Het is natuurlijk nogal een brute operatie om het glas dat technisch nog wel een tijd mee kan, eruit te slaan.

Het kan ook anders door voorzetramen te plaatsen voorzien van speciaal spectraal selectief glas (Pilkington K-glas) We krijgen dan drie lagen glas en een betere isolatie waarde dan het HR++ glas. Daardoor komt de besparing 5000 m3 gas hoger uit. De kosten liggen iets lager omdat er minder gesloopt hoeft te worden.

Het dak kan extra geïsoleerd worden. Dat is vooral goed te combineren als er toch werkzaamheden aan het dak gedaan moeten worden voor het aanbrengen van zonnecollectoren of PV-panelen. Met een verdubbeling van de isolatie (tot Rc=5) besparen we 4000 m3 gas. Kosten in de combinatie € 100.000,-

Als je nu in de winter een klepraampje wat verder open zet om meer te ventileren, gaat er vooral veel warme lucht naar buiten, want de klepraampjes zitten vlak boven of naast de radiatoren. In combinatie met de al genoemde voorzet ramen is een slimmer systeem te maken waarbij de lucht een beetje wordt voorverwarmd, er net zoveel geventileerd wordt, maar de lucht beter verdeeld wordt over de kamer. De kosten zijn in combinatie met de voorzetramen € 30.000,-. De besparing is 4000 m3 gas.

Verdere bouwkundige besparingen zoals isoleren van gevels en begane grond-vloer zijn wel mogelijk, maar erg ingrijpend, ook voor het uiterlijk van het gebouw. Ik laat ze daarom hier buiten beschouwing.

Het verbruik van gas is door bovengenoemde maatregelen gehalveerd tot 43.000 m3 gas. Door de besparingen is er ook minder (ketel)vermogen nodig om de woningen te verwarmen en kan de temperatuur van het cv-water omlaag. Dat geeft mogelijkheden voor andere manieren van verwarmen dan met een HR-ketel. We staan voor een keuze: óf we kiezen efficiëntere systemen zoals een warmtepomp die nog steeds fossiele energie gebruiken, óf we slaan de volledige duurzame weg in.

Ter informatie de volgende fossiele mogelijkheid.

Ventilatielucht wordt nu direct naar buiten afgevoerd. We kunnen de warmte in deze lucht gebruiken voor de verwarming of warmtapwater met een gasabsorptie warmtepomp. Die levert warmte op een voldoende hoog temperatuurniveau. De besparing is 12.000 m3 gas en de kosten € 150.000,- Er resteert dan nog een verbruik van 30.000 m3 gas. En het wordt steeds lastiger



om dat verder terug te brengen. Je kan een absorptie-warmtepomp niet zo een twee drie met hout stoken, al kan het indirect wel.

## **Duurzaam**

**Om de verwarming volledig duurzaam te maken zijn er twee hoofdrichtingen:**

### **A**

#### **Gebruik van biomassa.**

Op het terrein van VWM groeit natuurlijk te weinig om zelfvoorzienend te zijn. Het moet daarom van buiten komen. Om dat duurzaam en controleerbaar te houden moet de afstand niet te groot zijn. Binnen een straal van 30 of 40 km kan je nog op de fiets gaan controleren of voor jou biomassa geen natuur wordt vernield. Binnen die afstand is er in Limburg een groot aanbod van snoeihout (Onder andere van boomgaarden). Door met loonwerkers die snoeiwerk doen of fruittelers een contract af te sluiten heb je zicht op waar de biomassa vandaan komt.

Na alle genoemde bouwkundige maatregelen zal 100 ton droog snoeihout nodig zijn, circa 400 m<sup>3</sup> of zeven zeecontainers van 12 m lang, vol. In het stookseizoen kan er elke maand een container gebracht worden, als het echt koud is twee keer per maand. Het snoeihout kan het best eerst grof verspaand worden. Het neemt dan wel veel ruimte in, maar kan ook goed drogen, liefst onder een transparant dak, zodat we zonnewarmte gebruiken voor het drogen. Doordat de hoop spanen luchtig is, gaat hij niet broeien. Vlak voor transport naar VWM kan het hout nog een keer op de juiste maat verhakseld worden.

Het lijkt niet handig om per cluster een houtketel te plaatsen omdat aanvoer van houtsnippers dan lastig is. Ook gelden voor een houtketel andere brandweereisen dan voor een gasketel.

Anderzijds is het aanleggen van een leidingnet vanaf één ketelhuis naar alle clusters een kostbare zaak (€ 250.000,-). Ook de schoorstenen die zeker boven het hoogste dak in de omgeving moeten komen, zijn kostbaar. De kosten voor de ketels en brandstoftransport zijn circa € 100.000,-, de HR (gas)-ketels kunnen grotendeels vervallen (- € 60.000,-). Door optimalisatie is de totale investering van € 290.000,- waarschijnlijk flink terug te brengen. De jaarlijkse kosten bestaan uit de inkoop van hout (goedkoper dan gas) en het onderhoud aan de installatie. Die werkt wel automatisch, maar heeft toch meer toezicht nodig dan een gasketel.

Als in de toekomst meer mensen in Limburg het voorbeeld van VWM zouden volgen, kan hout schaars worden. Er zijn dan nog mogelijkheden om het houtverbruik te beperken. Bijvoorbeeld door meer zonne-energie te benutten of een koppeling met een warmtepomp.

### **B**

#### **Directe zonne-energie met seizoensopslag.**

Hierdoor kunnen alle gebouwen verwarmd worden met de zonne-energie die op de gebouwen vallen. We doen dus geen beroep op grond en leveranciers van buiten het eigen terrein. Er is dus ook geen inkoop van energie afgezien van de hulpenergie voor pompen e.d..

Er is een collectoroppervlak nodig van 1200 m<sup>2</sup> om alle warmte te oogsten die nodig is na de beschreven bouwkundige maatregelen. Dat is de helft van alle daken. Alle daken die een beetje op de zon gericht zijn moeten dus volledig benut worden. Er is op die daken geen rode dakpan meer te zien. Er zal wat geschoven moeten worden met dakramen en dergelijke om alles er op te passen. In de ruimten waar nu de ketels staan komt een aanzienlijk groter vat dan de huidige boiler om de warmte voor enkele dagen op te slaan. In de zomer is er veel warmte over. Deze wordt opgeslagen in de bodem in een grondmassa van 30 bij 30 m en 25 m diep. Daarvoor is in de binnentuin wel plek te vinden. Na de werkzaamheden kan de ruimte weer als vroeger gebruikt worden.

VWM staat in de uiterwaarden van de Maas. Er is daar een sterke grondwaterstroming die de

warmte mee zou nemen als we daar niets tegen doen. Er bestaat een vocht absorberend materiaal (GeoHumus) dat in de bodem geïnjecteerd kan worden waardoor het water daar niet meer stroomt. In stilstaand water kan je erg goed warmte opslaan en als de laag maar dik genoeg is isoleert het ook heel redelijk. We kunnen dit materiaal toepassen. In de zomer wordt de grond via slangen die in de grond geboord worden, opgewarmd. In de winter wordt de warmte er via dezelfde slangen weer uit gehaald. Aan de bovenzijde dekken we de opslag af met een meter isolatiemateriaal. Doordat de warmte-opslag zo'n groot volume heeft, koelt hij maar langzaam af en is er op het eind van de winter nog warmte genoeg.

Kosten van de collectoren en de opslagvaten per cluster zijn € 650.000,- De seizoensopslag met alle aansluitende leidingwerk kost €1.000.000,- Er zijn dan geen jaarlijkse kosten meer voor gas of hout. De installatie werkt automatisch en behoeft weinig standaard onderhoud.

Er zijn wel eerder grote zonne-energiesystemen met seizoensopslag gebouwd ("2-MW" Haarlem bijvoorbeeld, maar ook enkele in Duitsland), maar 80 woningen die volledig van de zonnewarmte leven is nog niet eerder vertoond. Ook het gebruik van GeoHumus op deze schaal is nog nooit gedaan. Veel kans op speciale subsidies dus. 40% subsidie moet zeker mogelijk zijn. Het is ook goed mogelijk om de installatie in fasen te bouwen: eerst het grootste deel van de collectoren en de vaten per cluster, later de rest van de collectoren en de opslag. Het voordeel is dat kosten gespreid kunnen worden en dat de dure seizoensopslag nauwkeuriger ontworpen kan worden met de gegevens van de eerste fase.

## 5 Varianten warmtapwater

Met de nieuwe ketels wordt direct ook 1500 m<sup>3</sup> gas op het verbruik voor tapwaterverwarming bespaard. De investering is al opgenomen bij de vervanging van de ketels.

Om het energieverbruik voor de circulatie van warmtapwater te beperken is bij VWM een ingenieus systeem toegepast met een tijd klok. Dat is eenvoudig maar het instellen van de klok vraagt regelmatig aandacht. In principe twee keer per jaar met het wisselen van de seizoenen. Het kan met huidige techniek ook geautomatiseerd worden met hetzelfde effect. Zie hiervoor een voorstel in de bijlage 1.

Douche warmte-terugwinning.

Je kan het koude water dat naar de douchekraan stroomt voorverwarmen met de warmte uit het water dat het doucheputje instroomt. Er zijn daar tegenwoordig standaard apparaten voor. In bestaande woningen is de "douchebak WTW" het eenvoudigst in te bouwen. Dat moet bij alle douches lukken. Douche kranen worden vervangen door thermostatische kranen om de wisselende koud water temperatuur de baas te blijven. De kosten bedragen € 90.000,- de besparing is 1500 m<sup>3</sup> gas (na vervanging van de ketels).

Ecoplay waar mogelijk, elders de genoemde douchebak WTW.

De Ecoplay is vooral een apparaat om douchewater te gebruiken voor toiletspoeling en zo water te besparen, maar door de ingebouwde douche WTW en omdat minder koudwater het huis instroomt wordt ook energie bespaard. Je kan hem alleen inbouwen waar douches en WC's aan dezelfde leidingschacht grenzen. Ik schat dat dat in één derde van de woningen het geval is. In die woningen komt dan geen douchebak WTW, in de andere woningen wel. De totale investering voor deze variant wordt € 130.000,-. De besparing 2000 m<sup>3</sup> gas en 250 m<sup>3</sup> water.

Vergroten van de zonneboilers

De zonneboilers leveren nu in de zomer niet alle warmte. Dat verbetert al met de douche WTW. Toch heeft het nog zin om de collectoroppervlak 50 % te vergroten. De aan de boilers zelf hoeft niets te gebeuren. De kosten bedragen € 40.000,-. De extra besparing is 1400 m<sup>3</sup> gas.

**Na verwarming aansluiten op systeem A**

De extra investering is € 25.000,- Er wordt 10 ton hout extra verstoekt, maar geen gas meer.

**Naverwarming aansluiten op systeem B**

De vergrote zonneboiler wordt geïntegreerd in het totale systeem. Om ook in de winter warmte van 65 °C te kunnen garanderen blijft per cluster een keteltje nodig. Het verbruik daarvan is minder dan 1000 m<sup>3</sup> gas. Verder is er geen gas nodig.

## 6 Varianten elektriciteitsverbruik

Het totale elektriciteitsverbruik(2000 kWh /woning) is naar huidige maatstaven bescheiden, maar kan zeker nog omlaag, zonder dat je als gebruiker daarvoor iets moet inleveren aan comfort o.d.

### Besparingen

Ik noem hieronder een aantal suggesties voor zuiniger apparaten. Er zijn bij VWM zeker veel mensen die deze apparaten al gebruiken. Ik heb daar op dit moment geen zicht op.

Op de site HIER.nu kan je voor een aantal stroomvreters de zuinigste types vinden, De verbruiken die daar staan, zijn voor standaard gezinnen en daar wonen er bij VWM weinig van, Ik heb de verbruiken daar op aangepast.

	kWh		kWh
<i>oude situatie en</i>	<i>verbruik</i>	<i>nieuwe situatie en</i>	<i>verbruik</i>
verlichting algemeen			
gloeilampen met een enkele spaarlamp	24.000	overall spaarlampen	8.000
verlichting halogeen spotjes	12.000	Led-spots	4.000
koelkast (niet in alle woningen)	11.000	zuinigste AA++ type	6.500
magnetron (niet in alle woningen)	3.000	zuinigste type	2.400
vaatwasser (alleen in cluster keukens?)	14.400	hotfill en AA++ type	4.000
wasmachine	8.550	warmtepomp- of gasdroger	2.700
wasdroger	10.000	hotfill en AA++ type	5.000
TV oude beeldbuis	10.400	zuinigste LCD	6.400
decoder	2.000	stel eisen aan provider	1.400
video	4.000	apparaat dat uit kan	400
Stand-by	6.750	zuinigste type, zet hem uit	2.500
computer	12.500	laptop	2.400
diversen	8.000	let op, kies zuinig of uit	5.000
cv pompen	9.636	gelijkstoom pompen	6.000
collectieve ventilatie	8.769	gelijkstroom ventilator, druk	5.000
keramiek oven	10.000	op gas, hout?	10.000
<b>TOTAAL</b>	<b>155.005</b>		<b>71.700</b>

Bij het vervangen van een apparaat zijn dit rendabele investeringen. Vaak zijn de extra kosten te verwaarlozen. Bij lampen is de aanschaf van spaarlampen zelfs goedkoper dan de vijf gloeilampen die één spaarlamp vervangt.

Bij de (af)wasmachines noem ik hotfill. Dat wil zeggen dat de machine niet zelf met stroom water verwarmd, maar warmwater uit de zonneboiler gebruikt. Ook als dat in de winter door een ketel wordt verwarmd, is het zuiniger dan elektrische verwarming in het apparaat.

De keramiek oven is natuurlijk een speciaal geval. Gasovens zijn zuiniger met fossiele energie, maar kan je niet zomaar overall neer zetten. Er is bijvoorbeeld een rookgasafvoer nodig. In combinatie met verwarming op houtsnippers is het misschien mogelijk om in een te bouwen ketelhuis ook een keramiek oven op hout te plaatsen. Dan stook je energieneutraal, maar

waarschijnlijk wel met een ander resultaat, want het is een totaal andere techniek.

We kunnen het verbruik dus nog halveren. Dat geeft meer mogelijk heden om de rest volledig duurzaam op te wekken.

### **Micro-WK-ketel**

Eén van de twee nieuwe ketels per cluster kan uitgevoerd worden als "micro WKK". Dat is een cv-ketel die ook stroom levert. Dat is efficiënter dan stroom uit een elektriciteitscentrale omdat daar de restwarmte weggegooid wordt. De ketel brandt als er warmte nodig is en de stroom wordt direct in het cluster gebruikt of aan Essent geleverd tegen een gunstig tarief. Daar worden op dit moment landelijk afspraken over gemaakt. Een vergelijkbare regeling als bij zonne-elektriciteit. Er zijn verschillende modellen op de markt. Remeha een grote Nederlandse fabrikant, komt begin 2010 met een compact en voordelig model. Daarmee kan de helft van het resterende stroomverbruik worden opgewekt.

De extra kosten van deze ketels bedragen € 40.000,-

Stroombesparing 35.000 kWh ((€7.000,-), extra gas inkoop 3500 m<sup>3</sup> (€ 2.450,-)

### **Windmolen**

Het is mogelijk met één windmolen alle stroom op te wekken. Bijvoorbeeld een oude Lagerwey 18/80. Dat is een molen met een wiek diameter van 18 m en een maximaal vermogen van 80 kW. Omdat een windmolen natuurlijk wind moet vangen en het in Maastricht toch al wat minder hard waait dan aan de kust is een ashoogte (hoogte van het hart van de rotor) van 40 meter nodig. De molen moet overal boven uitsteken, zodat hij geen last heeft van wind wervelingen van gebouwen. Deze molens zijn tweedehands, maar volledig gerenoveerd en met een garantie als een nieuwe molen te koop. Investering inclusief fundatie en aansluiten € 140.000,- Op de geleverde stroom is een subsidie (SDE) te krijgen. Juridisch zal VWM het zo moeten regelen dat ze de opgewekte energie niet eerst aan een normaal energiebedrijf leveren en dan weer terugkopen voor eigen verbruik, maar direct zoveel mogelijk zelf verbruiken. Daar zijn wel mogelijk heden voor. De investering zou dan uit moeten kunnen.

Dit soort molens staat op veel plaatsen, maar nergens zo tussen de bebouwing als bij VWM. Dus zeker experimenteel. Dat zal je ook merken aan de procedures die gevoerd moeten worden en overleg met omwonenden.

Kleinere windmolens passen misschien beter in de gebouwde omgeving. Om op nul uit te komen heb je er natuurlijk meer nodig. Je kan per cluster een Fortis Alize plaatsen. Die heeft een diameter van 7 m. Ik reken met een ashoogte (hart van de rotor) 24 m. Dat is ongeveer 10 m boven de hoogste nok in VWM. Misschien is de constructie van de trappenhuisen sterk en stijf genoeg om deze molen zonder trillingshinder te dragen. De verbinding met elke cluster is dan duidelijk. Invoeren van de stroom in de meterkast van het cluster is ook eenvoudig.

De kosten bedragen € 400.000,-. Ondanks SDE subsidie zal dit niet snel rendabel zijn, maar mogelijk is er meer subsidie te krijgen vanwege het experimentele karakter. Het is wel een duidelijk statement. Op deze schaal in de stad is het nog niet eerder vertoond.

Je kan natuurlijk beginnen met één molen en als het bevalt en er geld beschikbaar komt, meer molens bijplaatsen.

Er zijn nog kleinere molens op de markt, die weer makkelijker in te passen zijn. daarvan heb je er echter zoveel nodig, dat dat niet meer reëel is. Als je daarvan één of enkele plaatst is dat meer als symbool. Bij een investering van € 15.000,- heb je een opbrengst van 500 tot 1000 kWh.

## Elektriciteit uit zonlicht

Omdat we veel elektriciteit nodig hebben en het dakoppervlak beperkt is, moeten we kiezen voor zonnepanelen met een zo hoog mogelijke opbrengst. Dat zijn op dit moment panelen met mono- of polykristalijne cellen. Die cellen zijn 10 x 10 of 15 x 15 cm groot. Je ziet ze duidelijk zitten op de panelen. "Amorfe" panelen (waarin de cellen niet te zien zijn) zijn soms iets goedkoper per geleverde kWh, maar ze vragen teveel ruimte. De daken van VWM zijn niet optimaal op de zon gericht, daarom moet er wat extra oppervlak geplaatst worden. Gebruiken we de beste daken (waar nu ook de zonnecollectoren op zitten) dan is 750 m<sup>2</sup> paneel nodig. Die daken liggen dan vrijwel vol met de collectoren en de panelen. Er is bijna geen rode pan meer te zien. Om optimaal van de SDE-subsidie te profiteren moet de installatie in 33 stukjes geknipt worden. Die subsidieregeling stelt namelijk een maximum aan de grote per installatie. 33 mensen moeten dus die subsidie aanvragen.

De kosten bedragen € 450.000,- de jaarlijkse opbrengst door stroombesparing en subsidie is € 37.000,-.

In combinatie met warmtealternatief B (seizoensopslag van warmte) zijn de beste daken niet meer beschikbaar, want daarop liggen al collectoren voor de warmte oogst. Daarom moeten de PV panelen verhuizen naar de minder goed op de zon gelegen daken. Er is nog meer oppervlak nodig en er is nergens meer een dakpan te zien. De kosten worden € 700.000,-, terwijl de opbrengst gelijk blijft. Dat is dus wel een erg kostbare optie. Het is daarom beter om buiten deze daken plek te zoeken.

In aanmerking komt het zuiddak van het tuinhuis of daken van de vrije school.

Een geavanceerdere oplossing zijn bijvoorbeeld met de zon meedraaiende systemen. In het buitenland (Spanje en Duitsland) worden die wel toegepast, in Nederland vrijwel niet. Door het meedraaien is de opbrengst per paneel groter dan van een stilstaand paneel. Je zou met 6 systemen van elk 10 bij 10 m genoeg hebben. Deze systemen staan elk op een grote mast en vormen dus een soort afdak. Ze kunnen prima staan boven een parkeerplaats, als het maar goed in de zon licht. De kosten zijn € 400.000,-. Probleem vormt de subsidieregeling, maar misschien is daar wel een mouw aan te passen. Voor Nederland is het bijzonder en dus extra subsidiewaardig.

Op veel plaatsen zijn mensen en instituten bezig om efficiëntere of goedkopere systemen te ontwikkelen. Bijvoorbeeld "suncycle" maar er zijn er velen. Daar komt in de toekomst zeker wat uit, maar eerst moet het productierijp zijn en vervolgens op kleine schaal uitgeprobeerd worden. VWM zou een stuk dak kunnen reserveren om dit soort systemen uit te proberen. Denk aan een oppervlak van 20 m<sup>2</sup>. Dat is heel iets anders dan de honderden vierkante meters die nodig zijn om zelf al je stroom op te wekken.

Je zou ook kunnen experimenteren met zogenaamde combinatie panelen die zowel stroom opwekken als warmte leveren. In zuid-Duitsland en Italië worden die wel gebruikt omdat daar de PV-panelen anders zo warm worden dat ze minder stroom leveren. Door ze te "koelen" op een temperatuur van 60 of 70 graden is de stroomopbrengst groter en kan je tegelijk warmtapwater maken. In Nederland is de zon niet vaak sterk genoeg voor dit dubbel gebruik, lijkt het. Toch loont het de moeite om het op een stuk te proberen. Want het zou ons gebrek aan gunstig gerichte daken oplossen. Je kan het ook een jaar testen en dan besluiten hoe je verder gaat.

Het is niet mogelijk om voor panelen die in Nederland geplaatst zijn in België of Duitsland terugleververgoeding te vragen. Wat wel kan is om in het buitenland een stuk grond met een bestaande stroomaansluiting te kopen en dat vol te zetten met PV-panelen en zo van de gunstige

regeling in Duitsland of België te profiteren. Voor Duitsland moet je dan wel snel zijn, want de regeling wordt in 2009 waarschijnlijk minder gunstig dan in Nederland. Een extra voordeel is wel dat het eenvoudiger en dus voordeliger is om op een braak stuk land panelen te plaatsen. En je hebt natuurlijk een stuk land waar je kan kamperen en tussen de panelen nog groente kan kweken, al is er vrij veel schaduw.

### **Stroom uit biomassa**

Wanneer warmte optie A gekozen wordt, zou het mooi zijn als we tegelijk ook stroom kunnen opwekken bij de verbranding van de houtsnippers. Op de schaal van een kleine elektriciteitscentrale is dat geen probleem en gebeurt het ook. Op de schaal van VWM is het bij mijn weten niet standaard te koop al zijn er wel veel bedrijven mee bezig. Meestal komt het dan volgend jaar op de markt en dat al een paar jaar. Ik verwacht wel dat het binnenkort zal lukken. Mogelijk is er al iemand in Oostenrijk of Italië mee op de markt. Er is een "Biomassa WarmteKrachtKoppeling" nodig met een elektrisch vermogen van 40 kW om alle stroom te kunnen leveren en alle warmte nuttig te kunnen gebruiken. Als er een apparaat op de markt komt zal dat € 80.000,- tot € 100.000,- kosten. Het extra houtverbruik is 15 Ton.

Wel te koop zijn apparaten die stroom en warmte opwekken uit vloeibare biomassa zoals frituurvet, palmolie of koolzaadolie. Dat lijkt leuk, maar is een erg tijdelijke oplossing. Als je dit soort biomassa bronnen wil inzetten is het logischer om die voor transport (auto's) te gebruiken. Zie daar.

## **7 Varianten autogebruik**

Mensen die auto rijden kunnen een cursus volgen in het "Nieuwe rijden". Als je het consequent toepast levert dat een besparing op van tot 7 %.

Het type band en de bandenspanning maken een flink verschil. Daarmee is in sommige gevallen ook 7 % te besparen. Voor een correcte bandenspanning kan VWM een eigen compressor en goede drukmeter aanschaffen. Daar moet je dan een lijst bij hangen met de optimale spanning voor elke auto die bij VWM rondrijdt. Die spanning staat ook wel in de gebruiksaanwijzing, maar wie pakt die er elke keer bij.

Je hebt niet voor alle ritten dezelfde auto nodig. Meestal volstaat een kleinere auto dan je hebt. Door een vorm van collectief autobezit, autodelen of dergelijke ontstaat er meer keus in types en kan je per keer het zuinigste model kiezen. Dat kan een besparing tot 15 % opleveren.

Bovenstaande maatregelen kosten weinig en leveren samen een besparing van 20 %: 5000 aardgas-aequivalent(aeq).

Het autopark van VWM kan integraal vernieuwd worden door de zuinigste in zijn klasse. Daardoor daalt het verbruik onder de 1 L op 20 km. Besparing na bovenstaande nog een 5000 aeq. Als je dit gefaseerd uitvoert tegelijk met de normale vervanging van auto's zijn de investeringen nihil. Je moet wel collectief en planmatig handelen. Overigens hoeft VWM dat niet zelf te doen, je kan het ook uitbesteden aan een club als GreenWheels. Of misschien is er iemand bij VWM die dit als bedrijfje op wil zetten

Auto's zijn om te bouwen op aardgas. Dat is geen vermindering van fossiel energieverbruik, wel van de uitstoot van CO<sub>2</sub> en het is een goedkope brandstof. Uit een oogpunt van duurzaamheid is het een overgangsmaatregel. Als je 40 auto's ombouwt, is er wel een bedrijf te interesseren om in de buurt een vulstation op te richten.

Op deze manier verbruik je wel steeds minder, maar het blijft fossiele brandstof. Om daarvan af te komen kan je ethanol of koolzaadolie of een andere biobrandstof gebruiken. Zoals met alle biobrandstof moet je dan wel goed uitkijken waar het vandaan komt. Alleen als het uit de regio komt heb je daar echt zicht op en ben je duurzaam bezig. Dan komt alleen koolzaadolie in aanmerking. Je moet daarvoor bestaande diesel auto's ombouwen. De kosten bedragen € 5000,- per auto. Als je alleen de auto's die veel kilometers maken ombouwt, verdient je dat op dit moment terug doordat koolzaadolie voordeliger is dan diesel.

Nadeel van koolzaadolie is dat het verbouwen vrij veel land kost. Voor de 40 auto's van VWM geen probleem, maar als het veel navolging vindt, is de regio op een gegeven moment te klein.

Elektrische aandrijving is efficiënter dan met de gebruikelijke verbrandingsmotor en de omzetting van zonne-energie direct in elektriciteit is efficiënter dan de weg via koolzaad. Met één kWh elektriciteit kan je makkelijk 10 km rijden. Voor alle kilometers van VWM is 40.000 kWh nodig. Dat is maar een kwart van het huidige elektriciteitsverbruik. De extra investering voor het hele wagenpark zou nu € 400.000,- zijn. Dat kan in de nabij toekomst wel eens sterk dalen omdat geschikte accu's snel goedkoper worden. Voor kleine elektrische auto's vallen de extra kosten nu al mee, dus daar kan mee begonnen worden. Er is natuurlijk ook een forse besparing op brandstof. In plaats van € 38.000,- benzine verbruikt VWM nog € 8.000,- stroom.

Stroom is makkelijker duurzaam te oogsten dan koolzaadolie. In principe is daarvoor op het eigen terrein van VWM nog plek. Zie daarvoor de mogelijkheden die genoemd zijn bij duurzame elektriciteit.



## 8 De school en de woningen van Dominium

Het is goed mogelijk om de warmte opties A of B uit te breiden naar de school, de kinderopvang en de 100 woningen van Dominium. Het is dan wel zaak dat daar eerst dezelfde bouwkundige maatregelen worden genomen om energie te besparen. Anders wordt de centrale installatie onnodig groot en dus kostbaar. Bij een gezamenlijke aanpak met Dominium zou de seizoensopslag onder het parkeerterrein kunnen komen. De tuin van VWM hoeft dan niet op de schop. Dat parkeerterrein lijkt ook geschikt om met de zon meedraaiende PV-systemen te plaatsen.

Vooraf bij de aanleg van een seizoensopslag van warmte is samenwerken gunstig. Een grotere opslag heeft minder verliezen en het scheelt aanzienlijk in de kosten per woning. Bij een gezamenlijke biomassa centrale verdient de aanvoer van de biomassa wel extra aandacht. In plaats van eens per maand een grote vrachtwagen wordt dat bijna elke week.

## 9 Conclusie

Hoewel de investeringen van veel maatregelen fors zijn, vallen de jaar kosten per huishouden uiteindelijk mee.

Bij ruimteverwarming zijn de jaarkosten van alle besparingsopties lager dan de huidige jaarkosten. Zo is het energieverbruik te halveren. Erg aantrekkelijk dus.

Met de gas absorptie warmtepomp zakt het verbruik tot een derde van het huidige tegen € 10,- per maand per woning.

Willen we 100% duurzaam dan kost dat nog eens € 10,- extra om snoeihout te verstoken uit de omgeving. De variant met seizoensopslag van warmte uit 1200 m<sup>2</sup> zonnecollectoren heeft de charme dat VWM alle benodigde warmte van eigen dak oogst. Er wordt geen beroep gedaan op grond elders. Dat is een voorbeeld dat aanspreekt. Dat kost wel wat, ook met een flinke subsidie. Het maandelijkse kosten van € 125,- per woning zijn overigens voor veel mensen normaal.

De kosten voor tapwaterverwarming vallen in het niet bij ruimteverwarming. Het vergroten van de bestaande collectoren is zeker aan te raden. Als gekozen wordt voor één van de duurzame opties voor ruimteverwarming, sluit de tapwaterverwarming daar vanzelfsprekend bij aan.

Door consequent steeds het zuinigste elektrische apparaat te kiezen, halveert het stroomverbruik tegen zeer geringe kosten.

Wanneer er nog cv-ketels geplaatst worden is de micro-wkk (stroom leverende ketel) een erg verstandige keus.

Met een grote windmolen steekt VWM zijn nek uit. Het zal planologisch en organisatorisch niet makkelijk zijn, maar de moeite waard. Met de opgewekte stroom kan misschien ook een flink deel van de automobilititeit gevoed worden, tegen aantrekkelijke kosten.

Kleine windmolens zijn misschien wat makkelijker in te passen, maar de kosten komen in de buurt van de zonnepanelen. Voor de laatste is niet eens een vergunning nodig en ze kunnen ook makkelijker stapje voor stapje aangeschaft worden, naar mate er geld en belangstelling is. Met de huidige subsidie regeling hoeft er over de levensduur geen geld bij. Als er een goede plek gevonden kan worden zijn zonnepanelen op een systeem dat zich naar de zon richt qua kosten en publiciteit aantrekkelijk.

In combinatie met de biomassa optie is het de moeite waard om te zoeken naar een stroom leverende hout-ketel. De verwachting is dat die toch binnen enkel jaren leverbaar moet zijn.

Ook voor de automobilititeit zijn er aantrekkelijke bespaaropties. Die zijn vooral in een collectief als VWM goed uit te voeren. Dat kan ook uitbesteed worden aan een bedrijf als GreenWheels. Of misschien is er iemand bij VWM die dit als bedrijfje op wil zetten. Ombouwen van dieselauto's naar koolzaadolie is zeker een optie. Leo Gommans heeft daar ervaring mee. Het koolzaad kan in de regio en dus controleerbaar duurzaam geteeld worden. Op langere termijn als veel mensen dat willen doen, is het areaal grond echter te beperkt. Elektrische auto's zijn dan wel een mogelijkheid, waar VWM nu al mee kan beginnen te experimenteren. De aanschafkosten zijn nu nog hoog, maar de gebruikskosten erg laag. Het opent de mogelijkheden om ook dit deel van het energieverbruik op eigen erf te oogsten.

Samenwerken met de vrije school en de 100 naast gelegen woningen van Dominium komt in aanmerking als zij ook de besparingsopties hebben uitgevoerd. Voor de duurzame opties kan door de samenwerking een kostenvoordeel gehaald worden. Ook is de zoektocht naar geschikte plekken en daken voor collectoren, zonnepanelen, een seizoensopslag of een windmolen makkelijker. Vooral als gekozen wordt voor de variant met collectoren en seizoensopslag is samenwerken aantrekkelijk.

## **Bijlage 1**

### **Automatiseren van de regeling van het circulatie systeem voor warmtapwater.**

De thermostaat die de ketel aanstuurt voor naverwarmen van het tapwater kan een grote "hysterese" krijgen. Dat betekent dat de ketel pas aangaat als de boiler boven in afgekoeld is tot 45 °C en uitgaat als de temperatuur net boven de onderzijde van de naverwarmingsspiraal 65 °C is. De ketel gaat daardoor maar af en toe aan en de zonnecollectoren krijgen de gelegenheid om veel warmte te leveren.

De pomp van het circulatie systeem kan geregeld worden volgens het zogenaamde "conrad systeem". Daarbij gaat een wat zwaardere pomp pas aan als er ergens getapt wordt en de temperatuur van het water lager is dan 45 °C. De pomp staat in de toevoer naar de woningen zodat die snel warmwater krijgen. Als hij eenmaal aan is blijft hij 2 minuten draaien. Eens per dag draait de pomp 15 minuten achter elkaar om de leiding goed door te spoelen.

## **Bijlage 2**

### **Ideëen die er leven om duurzame energie te implanteren in kluster Mandala.**

(nog toevoegen)

## **Bijlage 3**

### **Tabellen**

los toegevoegd