

# Energiezuinig ontwerp ziekenhuis

*Het in aanbouw zijnde Ziekenhuis Gelderse Vallei in Ede zal het eerste ziekenhuis in Nederland zijn dat voldoet aan de aangescherpte energieprestatienorm. Novem selecteerde dit ziekenhuis als voorbeeldproject voor alle in de toekomst te realiseren nieuwbouw- en renovatieprojecten in de gezondheidszorg [1, 2]. Nieuwe projecten, zoals het Martini Ziekenhuis te Groningen en het Spaarne Ziekenhuis te Hoofddorp, gaan nog verder met een EP-waarde die zelfs 30% lager ligt dan de huidige EP-eis. Deze projecten worden daarom gekarakteriseerd als EPN+-project. Om tot dergelijke energiezuinige ziekenhuizen te komen, zal in de ontwerpfase een uitgebreid EPC-onderzoek moeten worden verricht. Dit artikel gaat in op de diverse aspecten van dit ontwerptraject.*

*-door ir. A.L.H. Brouwer en ir. H.J. Scholten\**

Het ontwerptraject dat doorlopen wordt om een energiezuinig ontwerp te maken, omvat een aantal extra stappen ten opzichte van het conventionele ontwerp-proces:

- het ontwerp van een energiezuinige installatie wordt gestart met het in kaart brengen van de karakteristieke energiebehoeften, zoals stoom, centrale verwarming, koeling, ventilatie, warm tapwater en elektriciteit. De energievraag wordt in belangrijke mate bepaald door het gekozen klimaatstelsel;
- een ruimtelijke indeling van de gebouwfuncties wordt gemaakt op basis van het energiegebruik. Bij het uitleggen van de infrastructuur en opstelling van de centrale voorzieningen wordt dus rekening gehouden met de energiegebruiken van de verschillende gebouwfuncties;
- diverse concepten voor opwekkingsvarianten van de energievoorziening worden opgesteld. Binnen een opwekkingvariant wordt een combinatie tussen de verschillende energie-opwekkers gemaakt, zodanig dat aan de eerder geïnventariseerde energiebehoeften wordt voldaan. Tevens zul-

len de opwekkingsvarianten zo goed mogelijk moeten aansluiten bij het gekozen klimaatstelsel. Dit betekent dat de benodigde energie wordt opgewekt op het behoefteniveau. Dit minimaliseert het energieverlies door energie-omzettingprocessen.

- de varianten worden getoetst op EP-waarde, energetische en economische haalbaarheid. Een concept is economisch haalbaar als de meerinvestering voor de energiezuinige installatie wordt terugverdiend binnen een periode van 5 tot 10 jaar. Toetsing vindt plaats aan de hand van een referentieconcept met een EP-waarde lager dan 15% onder de huidige eis;
- de toetsing van de diverse concepten leidt tot een optimaal energieconcept, dat vervolgens in detail wordt uitgewerkt;
- aanvullend op het ontwikkelen van een energiezuinig concept voor de centrale energie-opwekkers, worden de energiebesparende maatregelen bekeken voor de energiegebruikers in het gebouw, zoals energiezuinige verlichting en verlichtingsregelingen en frequentieregeling van ventilatoren. Ook hier geldt weer dat de maatregelen economisch haalbaar

moeten zijn.

- daarnaast kunnen ook bouwkundig energiebesparende maatregelen worden doorgevoerd, zoals het toepassen van HR+-glas en extra isolatie van de gevel.

De kracht van deze ontwerpmethodiek is de wijze waarop de verschillende energie-opwekkers worden gekozen. Er wordt niet gekeken naar de EP-bijdrage van de afzonderlijke componenten, maar er wordt juist gezocht naar een optimale combinatie van energie-opwekkers die gezamenlijk de laagste EPC geven. Doordat het energiegebruik en de locatie van de verschillende afdelingen wordt meegenomen, wordt de installatie voor elk gebouw op maat gesneden.

Hierna komt aan de orde waaruit de energievraag in een ziekenhuis precies bestaat en hoe deze energie kan worden opgewekt. Vervolgens zullen aan de hand van een voorbeeld van het nieuw te bouwen Spaarne Ziekenhuis te Hoofddorp de diverse opwekkingsvarianten worden besproken.

## ENERGIEVRAAG EN ENERGIE-OPWEKKERS

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de belangrijkste energievragen in een ziekenhuis met daarbij een overzicht van de opwekkers die in een bepaalde energievraag voorzien.

## KLIMAATSTELSEL

Bij de keuze voor een klimaatstelsel in een ziekenhuis moet rekening worden gehouden met een flexibele gebouwinstallatie. Tijdens de levensduur van de aanwezige technische installaties in het gebouw zal het gebruik of de functie van de ruimte (kunnen) veran-

\* Deerns Raadgevende Ingenieurs, Rijswijk, afdeling Gezondheidszorg

deren. Hierop moet de installatie zijn voorbereid.

In het Spaarne Ziekenhuis wordt zoveel mogelijk geklimatiseerd met ventilatielucht. Dit betekent dat de ruimte in de winter wordt verwarmd met (na)verwarmde lucht en in de zomer gekoeld met (centraal) gekoelde lucht. Het toepassen van naverwarmers in het luchtdistributiesysteem maakt het mogelijk een laag temperatuurverwarmingssysteem te gebruiken. De ventilatielucht wordt (centraal) (voor)geconditioneerd in luchtbehandelingskasten.

### OPWEKKINGSVARIANTEN

Bij het selecteren van de energie-opwekkers die kunnen voldoen in de benodigde energiebehoefte, moet worden gezocht naar de optimale combinatie. Bij het Spaarne Ziekenhuis zijn zes varianten opgesteld, die kunnen voldoen aan de energievraag en goed aansluiten bij het gewenste temperatuurniveau van het gekozen klimaatsysteem (zie ook het EP Variantenboek [3]).

Vervolgens is voor elke variant een berekening uitgevoerd om de primaire energiegebruiken gedurende een volledig jaar te bepalen. Hierbij zijn klimaatgegevens van het referentiejaar 1964 gebruikt om de weersafhankelijkheid mee te nemen in de simulatie. Voor iedere variant zijn tevens de terugverdientijden bepaald.

Voor het Spaarne Ziekenhuis bleek de volgende variant de laagste EPC op te leveren (32% minder dan de huidige eis, met een terugverdientijd van slechts 7 jaar).

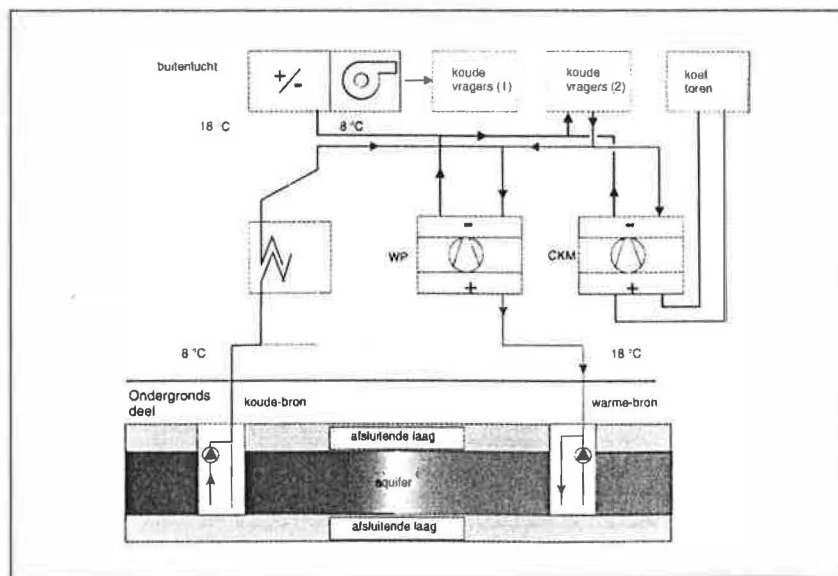
Een installatie opgebouwd uit:

- 2 stoomketels, ieder 1.300 kW, met cv-warmtewisselaars om te voorzien in de stoombehoefte en als vorstbeveiliging voor de koudeopslaginstallatie (KO);
- 1 cv-ketel, 800 kW, voor hoge cv-warmtevraag bij zeer lage buitentemperaturen;
- 1 WKK (400 kW<sub>th</sub> en 280 kW<sub>e</sub>) om te voorzien in de basislast cv-warmtevraag vooral voor warmtapwater (circulatie) en een deel van de elektriciteitsvraag;
- KO-installatie voor koeling en verwarming van de ventilatielucht;
- warmtepomp voor verwarming van de ventilatielucht en voorverwarming van het warmtapwater;

energievraag	voor	op te wekken door
warmte	warm tapwater ventilatieverliezen transmissie- en infiltratieverliezen opwarmtoeslag op transmissieverlies	CV-ketel: VR of HR* WKK-installatie* warmtepomp* zonneboilers* warmterugwinning door warmtewielen en twin-coil units*
stoom	keukenapparatuur centrale sterilisatie bevochtiging ventilatielucht stilstandverliezen spuiverliezen stoomketels stoomverbruik ontgasser	stoomketel
koude	koeling ventilatielucht koeling lokale units reserve voor verwachte toename interne warmtelast	compressiekoelmachine koudeopslag in bodem* absorptiekoelmachine* warmtepomp* ijsbuffersysteem
elektriciteit	Ventilatoren luchtbehandeling pompen liften verlichting (medische) apparatuur koelmachines (afhankelijk van opwekkingsvariant)	transformator WKK-installatie* PV-zonnepanelen*

Overzicht verschillende energievragen en energie-opwekkers (energie-opwekkers aangegeven met \* geven een verlaging van de EPC t.o.v. de referentie)

-TABEL 1-



Zomerbedrijf

-FIGUUR 1-

- compressiekoelmachine met koeltoren voor koeling van apparatuur en productie van gekoeldwater met een temperatuur van 6 °C, benodigd voor ontvochtiging van ventilatielucht in onder andere operatiekamers.

### BEDRIJFSVOERING INSTALLATIE

De bedrijfsvoering van de installaties zijn seizoensafhankelijk. In figuur 1 is het zomerbedrijf en in figuur 2 het winterbedrijf schematisch weergegeven. De verschillende bedrijfsvoeringen worden hierna toegelicht:

### Zomerbedrijf

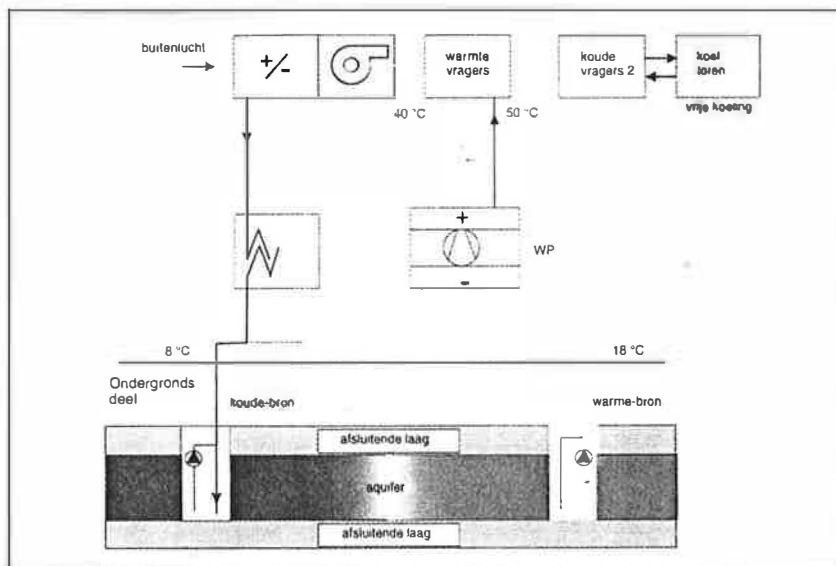
Bij een buitentemperatuur boven 16 °C, als koeling benodigd is voor de ventilatielucht, zal grondwater uit de koude bron van de KO worden onttrokken en de toe te voeren ventilatielucht worden gekoeld. De temperatuur van het koude bronwater bedraagt bij dit proces ongeveer 8 tot 10 °C. Door het afkoelen van de ventilatielucht zal het koude bronwater worden opgewarmd en vervolgens in de warme bron worden geïnjecteerd, waarbij de watertemperatuur 16 tot 18 °C bedraagt. Het gekoeldwater met een temperatuur van 8 tot 10 °C is te warm om de ventilatielucht op kritische afdelingen als OK's te kunnen ontvochtigen. Er is gekoeldwater met een temperatuur van 6 °C nodig. Hiervoor wordt in eerste instantie de warmtepomp ingezet. De verdamperszijde van de warmtepomp draait in dit geval op 12/6 °C en de warmte die ontstaat aan de condensorzijde van de warmtepomp wordt opgeslagen in de warme bron van de KO. De warmtepomp fungeert in dit geval als watergekoelde koelmachine. Door koeling van de condensor met de KO ontstaat een lage condensordruk en daardoor een zeer goede COP van de warmtepompkoelmachine.

### Tussenseizoen

Bij buitentemperaturen tussen de 7 en 16 °C is de KO buiten bedrijf. Er is geen koudevraag door de ventilatielucht, terwijl de buitenlucht een te hoge temperatuur heeft om het warme bronwater af te koelen. De benodigde koeling voor apparaatkoeling e.d. wordt in dit geval met behulp van de conventionele compressiekoelmachine opgewekt. De WKK en eventueel de cv-tegenstroomapparaten voorzien in de benodigde warmtevraag.

### Winterbedrijf

Bij buitentemperaturen lager dan 7 °C draait de cyclus van de KO-installatie om en wordt het in de zomer geïnjecteerde bronwater uit de warme bron onttrokken. Dit warme water verwarmt de koude buitenlucht en wordt vervolgens afgekoeld in de koude bron geïnjecteerd. De benodigde koude kan bij buitentemperaturen lager dan 7 °C ook worden gemaakt via vrije koeling uit de koeltoren van de compressiekoelmachine. Als de KO draait voor warmtelevering, dan zal ook de warmtepomp worden ingezet voor de levering van



Winterbedrijf

-FIGUUR 2-

warmte. De verdamperszijde van de warmtepomp levert warmte op een niveau van 50 à 55 °C voor verwarming van het gebouw. Bij extreem lage buitentemperaturen zal de KO-installatie moeten worden beveiligd tegen bevriezingsgevaar. Hiervoor worden de cv-tegenstroomapparaten en de cv-ketel ingezet.

### ENERGIEBESPARING GEBRUIKERS

Naast besparingen in de energie-opwekking, kunnen ook energiebesparingen worden doorgevoerd bij de energiegebruikers in het gebouw. Als voorbeeld wordt hier de verlichting genoemd. Binnen de verlichtingsinstallatie zijn diverse energiebesparende maatregelen mogelijk.

Als eerste kan worden genoemd het toepassen van elektronische voorschakelapparaten, waarmee een besparing van ongeveer 20% mogelijk is ten opzichte van conventionele voorschakelapparatuur.

Daarnaast kunnen daglichtafhankelijke regelingen worden toegepast. De hoeveelheid daglicht bepaalt in hoeverre de verlichting wordt gedimd. Het toepassen van daglichtregelingen is echter alleen zinvol bij armaturen aan de raamkant.

Met aanwezigheidsschakeling zijn ook aanzienlijke besparingen te bereiken. Het betreft vooral ruimten waarin men slechts kortstondig aanwezig is (bijvoorbeeld sanitaire ruimten en magazijnen). Ook kan worden gedacht aan ruimten waarin men alleen een dagdeel aanwezig is (bijvoorbeeld spreekkamers).

### CONCLUSIE

De werkwijze waarin wordt gezocht naar de optimale configuratie voor de diverse opwekkingsvarianten, leidt voor het Spaarne Ziekenhuis tot een EP-waarde die ruim 30% ligt onder de huidige eis. De gekozen configuratie voor de energiecentrale (koudeopslag, warmtepomp en WKK) levert de benodigde energie op het temperatuurniveau van het gekozen klimaatsysteem. Daarnaast zorgt integratie van de afzonderlijke componenten ervoor dat er een maximale hoeveelheid energie in de zomer en winter kan worden hergebruikt door opslag van energie. Deze wijze van ontwerpen is geautomatiseerd in het computerprogramma h.e.n.k.: het energie neutrale kantoor dat door Deerns in opdracht van de Novem is ontwikkeld. H.e.n.k. is daarmee een krachtig ontwerpgeredschap, dat al vanaf het eerste ontwerp van een gebouw duidelijk inzicht geeft in de EP-waarde en waarmee de optimale configuratie van de installatie kan worden bepaald.

### LITERATUUR

1. Novem brochure "Energiezuinige nieuwbouw: Ziekenhuis Gelderse Vallei"
2. Graven, ir. R.C., "Ziekenhuis Gelderse Vallei zet toon voor ontwerpen in 21<sup>ste</sup> Eeuw", Techniek in de Gezondheidszorg, januari 1998.
3. Novem brochure: "EP Variantenboek Gezondheidszorg"
4. Novem/Deerns brochure: H.e.n.k. "Het energie neutrale kantoor"