

# Onderhoud van installaties in gebouwen

*In dit artikel worden de voor het onderhoud van installaties in gebouwen relevante ontwikkelingen beschreven. Dit zal achtervolgens plaatsvinden voor de fasen die de ontwikkeling van onderhoud karakteriseren: de onderhoudsmanagement-, de onderhoudstechnologische- en de onderhoudsengineering fase. Onder installaties in gebouwen wordt ook begrepen HVAC-installaties en bepaalde bedrijfsvoorzieningen, zoals koelinstallaties en pers/instrumenten lucht, in industriële bedrijven.*

*-door prof.ir. K. Smit\**

**D**e fase van onderhoudsmanagement wordt gekenmerkt door het minimaliseren van de onderhoudskosten en door een zo doelmatige uitvoering van onderhoudswerkzaamheden. Daarbij wordt uitgegaan van een onderhoudsconcept, dat voornamelijk bestaat uit periodieke inspectie en tijdige of soms periodieke verwisseling van bepaalde componenten. Hierdoor is een belangrijk deel van het onderhoud en van de behoefte aan reservedelen planbaar, zodat dit kan worden voorbereid en gepland voordat uitvoering ervan plaatsvindt.

De uitvoering van het onderhoud kan geschieden door de eigen technische- of facilitaire dienst, door externe onderhoudsdienstverleners, door het bedrijf dat de installatie(s) heeft geleverd of door de leverancier, de "original equipment manufacturer" OEM van (een deel van) de installatie(s). Het geplande onderhoud wordt veelal verzorgd onder een vast jaarbudget of jaarcontract en storingen verholpen onder regie, volgens nader afgesproken servicecondities of "service level agreements" SLA's. In toenemende mate wordt het onderhoud aan installaties in gebouwen gedeeltelijk of volledig uitbesteed aan een enkele leverancier of aan leverancierscombinaties. Dit stelt eisen aan de eigen TD en aan het beoordelend vermogen daarvan voor de techniek, de leverancier en het contract.

Voor de calculatie, begroting en bewaking van de contracten/budgetten, de planning van het werk, de inzet van de monteurs ("call-dispatch") en de benodigde reservedelen moet de leverancier beschikken over begrotings- en calculatienormen. Die kunnen worden ontwikkeld door eenduidige en volledige registratie van uitgevoerde werkzaamheden aan de installaties van de klanten, op werkorders gerelateerd aan de betreffende installatie. Daarmee wordt een historisch bestand opgebouwd voor de "installed-base" van de leverancier. Deze gegevens betreffen niet alleen manuren, kosten en het verbruik van reservedelen, waarmee de budgetten en contracten worden bewaakt en calculatienormen ontwikkeld. Ook de aard van de verrichte werkzaamheden en aan welke componenten van een installatie die zijn uitgevoerd, of het een inspectie, reparatie of een storing betrof en hoe lang de installatie uitbedrijf is geweest, zie figuur 1.

Met de gegevens over het verbruik van reservedelen, kan het voorraadbeheer worden gevoerd en reservedelen vastgesteld, die moeten worden meegenomen in de servicewagen van de monteur. Daarnaast worden eisen gesteld aan het bijhouden de configuratie "as-maintained" status van iedere installatie door de eigenaar van de installatie of door de (service) leverancier. Uitgevoerde

modificaties dienen te worden bijgehouden en het technisch constructie dossier TCD tijdig aangepast. Ondanks ISO-9000 en andere normen die op de installatie van toepassing zijn en waarin dit is vereist, laat het bijhouden van de wijzigingsstatus in de praktijk nogal eens te wensen over. Dit aspect van "beheer" kan door de gebruiker/eigenaar worden gevoerd of door de serviceleverancier [1].

Niet zelden komt het voor dat op onderhoud wordt bezuinigd, zonder dat men beseft welke gevolgen dit heeft op de prestaties van de installatie, met alle consequenties die het gevolg zijn van een toenemend aantal storingen en het ontstaan van achterstallig onderhoud. De consequenties van de hogere storingsgraad en het na verloop van tijd inhalen van achterstallig onderhoud kost in de regel een veelvoud van de "besparingen".

## ONDERHOUDSTECHNOLOGIE

Onderhoudstechnologie is de fase waarin er aandacht is voor de effectiviteit van onderhoud, door het streven naar optimale beschikbaarheid en bedrijfszekerheid van een installatie. Hierbij is het doel de kosten van onderhoud en de kosten van de gevolgkosten van niet-beschikbaarheid en het niet optimaal functioneren van installaties (door lager rendement of hoger energiegebruik), te minimaliseren.

Hierdoor ontstaat behoefte voor het optimaliseren van de onderhoudsconcepten van de installaties en voor het verhogen van de beschikbaarheid en de bedrijfszekerheid van de installaties door modificatie of door een meer optimale besturing of gebruik ervan, zie ook figuur 1.

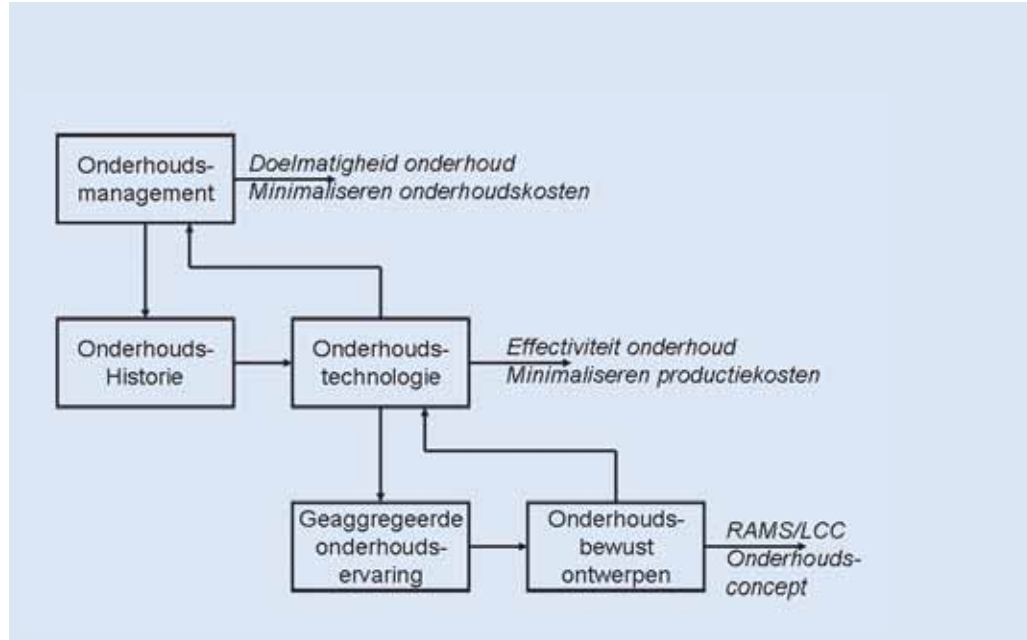
Daartoe moet men beschikken over een gegevensbestand, waarin de histo-

\*Technische Universiteit Delft

rie van het onderhoudsgedrag van installaties is vastgelegd. Deze historie betreft de uitgevoerde inspecties, reparaties van inspectiebevindingen, storingen en de modificaties, per installatie en voor alle installaties in de "installed" base. Daarbij moet men beseffen dat veel installaties min of meer identiek zijn, zeker bepaalde subsystemen en (standaard) componenten ervan, waarbij bedrijfs- en gebruiksomstandigheden in het algemeen niet sterk zullen verschillen.

Een historisch onderhoudsgegevensbestand is, wanneer het in voldoende mate is gestructureerd (installatie breakdown, werksoorten, vakgebieden), analyseerbaar door mensen met voldoende installatie- en ervaringskennis. Dit worden wel onderhoudsanalisten, installatietechnologen, maintenance- of reliability engineers genoemd. Door analyse van dit onderhoudsgegevensbestand zijn deze in staat de installatie "prestie-killers" en "kosten-drivers" vast te stellen, daarvoor selectief kansrijke modificaties te ontwikkelen en aan te bieden en onderhoudsconcepten te optimaliseren. Men moet in staat zijn niet alleen de kosten daarvan, maar vooral de waarde ervan voor de klant of gebruiker aan te tonen en daardoor op commerciële basis te kunnen aanbieden.

De aard van het preventieve onderhoud is sterk in ontwikkeling: in plaats van inspectie, worden de mogelijkheden van conditiebewaking "condition monitoring" benut. Daarvoor moet men in staat zijn om parameters die een maat zijn voor de degradatie van bepaalde onderdelen periodiek te kunnen meten, zoals trillingen van roterende componenten, of het drukverlies over olie- of stoffilters. Men kan ook gebruik maken van parameters die een maat zijn voor de functionele prestaties van een component of subsysteem, zoals het opgenomen vermogen of stroomsterkte van een centrifugaalpompe, die een indicatie kan zijn voor cavitatie van de pompwaaier. Dit wordt wel aangeduid met "performance monitoring" of prestatiebewaking. Door de ontwikkeling van de proces- of machine besturingsystemen kan men ook gebruik maken van procesparameters, of van combinaties daarvan, om degradatie van kritische onderdelen of componenten voortijdig te indiceren. Dit wordt wel aangeduid als "health monitoring". Voor het meten van deze conditie-,



Ontwikkeling van de onderhoudsfunctie.

- FIGUUR 1 -

performance- of health monitoring parameters is het niet meer noodzakelijk dit "in situ" aan de installatie te doen, maar op afstand: "remote monitoring". In toenemende mate is dit een service die wordt aangeboden door gespecialiseerde leveranciers of door OEM's die beschikken over monitoring centra.

Met behulp van de moderne processen machinebesturingsystemen, sensoren en "smart-transmitters" met "embedded software" is het mogelijk storingen of diagnostiek, ook op afstand, te ondersteunen. Hiermee wordt het storings- of correctieve onderhoud in zekere mate planbaar. Sommige storingen kunnen daarmee op afstand, door gebruikers of door monteurs van gebruikers, met ondersteuning van de leverancier op afstand (help-desks) worden opgelost. Dit wordt ook wel eerstelijns onderhoud of "first line Maintenance" FLM genoemd, waardoor de kosten voor het storingsonderhoud en vooral de consequenties van niet beschikbaarheid van de installatie voor de klant worden beperkt. Voorts is het mogelijk op afstand bepaalde testroutines uit te voeren en zelfs bepaalde componenten, die daarvoor zijn uitgerust, op afstand te kalibreren.

Nog niet alle leveranciers en OEM's zijn zich bewust van de strategische waarde van terugkoppeling van "field-service experience", het registreren en het vastleggen ervan in gestructureerde en analyseerbare bestanden en hiervan ook daadwerkelijk gebruik te maken voor gestructureerde analyses. De huidige onderhoudsbesturingsystemen bieden hiervoor de mogelijkheden.

Hiermee is men in staat op meer systematische wijze onderhoudsconcepten vast te stellen en te optimaliseren. De systematiek die men hiervoor hanteert is afkomstig uit de luchtvaart en wordt aangeduid met "Reliability Centered Maintenance" RCM [2].

Met een dergelijk geoptimaliseerd onderhoudsconcept zijn TD'n van gebruikers en leveranciers van service in staat meer hoogwaardige contractvormen aan te bieden, zoals resultaat- en prestatiecontracten. Bij een resultaatcontract biedt men de uitvoering van zowel het preventieve als het correctieve onderhoud aan op basis van een overeengekomen vaste prijs per jaar. Wanneer de verwachting over de aard en de omvang van het correctieve onderhoud is vastgesteld met behulp van RCM en op grond van inzicht in het onderhoudsgedrag, dan zijn ook de contractrisico's voor de leverancier inschatbaar.

Bij een prestatiecontract garandeert de leverancier een overeengekomen minimale beschikbaarheid en/of bedrijfszekerheid van een installatie, tegen een vaste prijs per periode. Hierbij wordt voor de bepaling van de "geleverde" beschikbaarheid/bedrijfszekerheid, onderscheid gemaakt tussen endogene of onderhoudsgerelateerde (ver)storingen die door de leverancier beïnvloedbaar zijn en exogene (ver)storingen, waarbij dit niet het geval is. Dit stelt eisen aan eenduidige en complete registratie en de aan de periodieke rapportage van (ver)storingen en aan het vaststellen en toewijzen daarvan aan de leverancier of de gebruiker. Het betreft hier een werkproces: installatie prestatiebeheer [3].

Naast de voorbereiding, planning en uitvoering van het onderhoud kan de leverancier ook verantwoordelijk zijn gesteld voor beheertaken, zoals het eerder genoemde configuratie- en documentatie beheer, het elimineren van onderhoudsbehoeften door oorzakenanalyse en het ontwikkelen, voorstellen en implementeren van modificaties en andere verbeteringen en het optimaliseren van het onderhoudsconcept. De hierdoor te realiseren besparingen worden daarbij verdeeld tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Niet alleen de risico's, maar ook de opbrengsten van verbeteringen zullen evenwichtig moeten zijn verdeeld. Daarmee wordt de creativiteit van de leverancier geprikkeld én beloofd.

Eén en ander stelt eisen aan de inrichting van de werkprocessen, aan de beheersing en besturing daarvan, aan de organisatie en aan de informatievoorziening bij de leverancier en de opdrachtgever. Doordat bepaalde werkprocessen, rollen en verantwoordelijkheden zich deels bij de opdrachtgever en deels bij de leverancier afspelen, stelt dit hoge eisen aan de inrichting en de beoordeelbaarheid daarvan [4]. De belangrijkste voorwaarde is echter wederzijds vertrouwen tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. De huidige prijsgedreven cultuur van de onderhoudsuitbesteding vraagt in dit opzicht nog de nodige ontwikkeling van beide partijen.

#### **ONDERHOUDSBEWUST ONTWERPEN**

In de derde fase van het onderhoud staat het onderhoudsbewust ontwerpen van installaties centraal. Daarbij wordt een installatie ontworpen op gespecificeerd onderhoudsgedrag: bedrijfszekerheid R, beschikbaarheid A en onderhoudbaarheid M en uiteraard in overeenstemming met gestelde wettelijke eisen of Safety (RAMS). Tevens wordt een onderhoudsconcept, bestaande uit een onderhoudsprogramma en de vereiste personele kwalificaties en training, reservedelen en documentatie, tijdig opgeleverd. Het doel hiervan is het minimaliseren van de levenscycluskosten (LCC) over de vereiste levensduur van de installatie, zie ook fig. 1. Traditioneel gezien zijn het ontwerp, de bouw of constructie en het toekomstige onderhoud gescheiden verant-

woordelijkheden en partijen. Daarbij streeft elke partij in de keten naar minimale kosten en hoge prijzen voor zijn bijdrage, veelal ten koste van het toekomstige onderhoud en soms ook ten koste van de bedrijfszekerheid en beschikbaarheid van de installatie.

In verschillende sectoren van de industrie en nu ook binnen de publieke sector is er een streven naar ketenintegratie van ontwerp en constructie, van constructie en onderhoud, maar ook steeds meer naar integratie van ontwerp, bouw en het toekomstig onderhoud voor een nader overeengekomen periode. Zowel OEM's, bouw en constructie bedrijven als onderhoudsleveranciers betreden deze markt. Veelal worden vormen van gelegheidsamenwerking of allianties gezocht voor grote projecten en het valt te verwachten dat in de toekomst verdere integratie van marktpartijen zal gaan plaatsvinden. Was voorheen onderhoudsbewust ontwerpen alleen interessant voor OEM's die ook onderhoudsdiensten verlenen, nu is dit ook van belang bij "design, built, maintain" (DBM) contracten, die sterk in opkomst zijn.

Onderhoudsbewust ontwerpen maakt het wenselijk dat de principes van de reeds lang bestaande "systems engineering" SE en van "concurrent engineering" CE stringenter worden toegepast. Dit houdt o.a. in: projectfasering, definitie van faseproducten, ontwerpverificatie, configuratiebeheer en vrijgave van configuratie specificaties van ieder faseproduct [5].

Ook de projectorganisatie verandert van karakter; naast de traditionele disciplines is het wenselijk onderhouds-, productie- en constructiedeskundigheid "design-build-maintain" DBM-teams in het project te betrekken.

Om onderhoudsbewust te kunnen ontwerpen, moeten de eisen die aan het onderhoudsgedrag (RAMS en LCC) van een installatie worden gesteld, realistisch zijn gespecificeerd, evenals die voor het onderhoudsconcept. Deze eisen moet men doorvertalen naar subsysteem en componentniveau. Hiervoor is een functionele decompositie van de installatie noodzakelijk, ook wel "system breakdown structure" SBS, genoemd. Volgens de lijnen van de SBS is het mogelijk om een storingsvorm-, effect en kriticiteitsanalyse of "failure mode, -effect & criticality analysis" FMECA van de installatie uit te

voeren. Hierbij wordt op het niveau van afzonderlijke componenten bepaald op welke mogelijke wijze, waardoor en in welke bedrijfsfase deze om welke redenen kunnen falen, met welke kans en wat de effecten van het falen zijn op installatieniveau. In geval van kritische faalvormen kunnen ontwerp-aanpassingen of modificaties worden voorgesteld, of kunnen preventieve onderhoudsmaatregelen worden genomen.


Voor veiligheidscritische systemen die aan wettelijke eisen moeten voldoen, zoals ATEX, HACCP of GMP, kunnen nadere risicoanalyses met behulp van foutenbomen of HAZOP zijn vereist. Een praktisch punt hierbij is het bepalen van het optreden van de kans op basis-gebeurtenissen. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van de eerder genoemde historische databestanden voor onderhoudsgedrag of ook wel van "bedrijfszekerheid databanken" die voor bepaalde industriële sectoren zijn ontwikkeld, voor andere sectoren zullen die nog (verder) moeten worden ontwikkeld [6].

Op basis van kennis van het faalgedrag van de componenten van een installatie is het mogelijk deze te modelleren in de vorm van bedrijfszekerheids- of beschikbaarheidsmodellen. Daarmee is het mogelijk om, al dan niet met toepassing van preventief onderhoud, het onderhoudsgedrag van de installatie te voorspellen. Van de absolute waarden uit een dergelijk model moet men zich niet te veel voorstellen, echter dit leent zich uitstekend voor vergelijking van ontwerpalternatieven.

Het feitelijke onderhoudsconcept kan met behulp van RCM-methoden worden ontwikkeld. Daarnaast zijn er methoden voor het optimaliseren van de initiële reservedelen, de voorziening ervan voor de gehele gebruiksduur, de voor het onderhoud vereiste middelen en de allocatie daarvan. Er zijn software suites beschikbaar die de hierboven beschreven analyses integraal ondersteunen. Op deze wijze komt in de ontwerpfase het onderhoudsconcept voor een installatie tot stand, dat tijdig met alle technische documentatie aan de toekomstige gebruiker kan worden overgedragen en training van operators en technici vóór de in bedrijfstelling mogelijk maakt.

Op deze wijze is het mogelijk een installatie te ontwerpen, met een beschikbaarheid- of bedrijfszekerheids-

garantie, tegen minimale levensduurkosten. Hiermee kunnen prestatiecontracten worden ontwikkeld en toegepast. Uit het bovenstaande blijkt dat daarvoor de noodzakelijke voorwaarden moeten zijn vervuld.

Er mogen verdere ontwikkelingen worden verwacht, waarbij de contractpartijen voor ontwerp, bouw en onderhoud en voor de verschillende technische disciplines die in het samenwerkingsverband, soms met de overheid als partner in publiekprivate samenwerking PPS, ook bijdragen in de financiering van een project. Daarnaast zullen ook leaseconstructies gaan ontstaan, waarbij de gebruiker van de installatie betaalt per geleverde prestatie-eenheid. In de luchtvaart vindt dit plaats bij vliegtuigen en bij de voortstuwingsinstallaties; het "power-by-the-hour" concept. 

#### LITERATUUR

1. Lyon, D.D; *Practical CM III: Best configuration management practices for the twenty first century*. Raven Publishing Company, Pittsfield, 1996. ISBN 0 9661248 3 9.
2. Moubray, J.M; *Reliability Centered Maintenance*. 2nd Edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997.
3. Smit, K; *Prestatiebeheer van Technische Systemen*, Handboek Onderhoudsmanagement, Kluwer Documentaire Uitgaven, Alphen a/d Rijn, 56<sup>e</sup> aanvulling, april 2006, pag. H4012-1/14.
4. Smit, K; *Technisch Systeem Management Model*. Samsom Bedrijfsinformatie, Alphen aan den Rijn, 2000, ISBN 90 14 067054.
5. Blanchard, B.S; Fabrycky, W.J; *Systems Engineering and Analysis*, 3rd Edition, Prentice Hall International, London, 1998.
6. Smith, D.J; *Reliability, Maintainability and Risk: practical methods for engineers*. 6th Edition, Oxford, Butterworth-Heinemann, 2001, ISBN 0-7506-5168-7.

## Berichten

### DUURZAME ENERGIEVOORZIENING

Dubotechniek en Homij Technische Installaties hebben de opdracht gekregen voor de engineering en realisatie van de energievoorziening voor de Lichttoren te Eindhoven. De ener-

gievoorziening gaat ongeveer 3.500 m<sup>2</sup> horeca, 117 loftwoningen, 60 hotelkamers, 3.800 m<sup>2</sup> kantoren en een short stay hotel van ongeveer 5.900 m<sup>2</sup> van warmte en koude voorzien.

### TRAININGSCENTRUM ALKLIMA

Alklima bouwt aan een nieuw trainingscentrum in Alblisserdam. Vanuit dit trainingscentrum biedt de importeur van Mitsubishi Electric een

nieuw programma opleidingen, trainingen en workshops aan op het gebied van klimaatbeheersing.



### OMZET KUIJPERS OVERSCHRIJDT € 100 MILJOEN

De omzet van technisch dienstverlener Kuijpers Installaties heeft in 2006 de grens van € 100 miljoen overschreden. De onderneming behoort inmiddels qua omvang tot de top drie van

de zelfstandige allround installatiebedrijven in Nederland. In 2006 is de omzet met ruim 20 % toegenomen en voor 2007 wordt een stijging van zeker 15 % voorzien.

### AMERICAN STANDARD SPLITS ZICH

American Standard Companies Inc. (ASD) kondigt aan dat de Raad van Bestuur een strategische herziening van het bedrijf heeft goedgekeurd om haar drie activiteiten dit jaar op

te splitsen. American Standard zal zich toespitsen op zijn airconditioningsystemen en -diensten. De naam van het bedrijf zal worden veranderd in Trane, het airconditioningmerk.

### NIEUW WONINGVENTILATIEPRINCIPE

Een nieuw ontwikkeld ventilatieprincipe van TNO maakt woningventilatie duurzaam, energiezuinig, betrouwbaar en eenvoudig te bedienen en te onderhouden, aldus het onderzoeksinstituut. Het nieuwe ventilatieprincipe maakt gebruik van de bestaande

spouwen in de gevels. Het concept is inmiddels langdurig beproefd in een testwoning. De uitkomsten waren veelbelovend. Heijmans en TNO gaan het systeem verder ontwikkelen en een prototype vervaardigen in een rij nieuwe woningen.