

De industrie kan veel leren van de ruimtevaart en de hightech wetenschap. Projecten aldaar zijn zo complex, dat er veel vooruit gedacht moet worden. Ook als het gaat om maintenance. Met onder meer simulaties en robots wordt hier alles gedaan om echt grote problemen in de toekomst te voorkomen. Cock Heemskerk denkt dat deze strategie ook in andere sectoren zijn vruchten af kan werpen.

Leren van big science

Grote wetenschappelijke projecten of grensverleggende technologische innovatie in bijvoorbeeld de ruimtevaart spreken tot de verbeelding van velen. Omdat het vaak om kostbare projecten gaat, doen de wetenschappers er alles aan om de downtime van hun technische hoogstandjes zo veel mogelijk te minimaliseren. Hoewel de meeste industriële bedrijven onder andere omstandigheden werken dan NASA en ESA en vaak minder hoge bedragen uitgeven aan hun assets dan de wetenschappelijke instituten, kunnen ze wel degelijk leren van de wetenschappelijke benadering van risico. Cock Heemskerk is ervan overtuigd dat ook een commercieel opererend bedrijf er baat bij heeft als onderhoud meer een integraal onderdeel wordt van de bedrijfsvoering. Heemskerk heeft zelf een achtergrond in de ruimtevaart en binnenkort wordt dan ook een mede door hem ontworpen robot de ruimte in geschoten, maar hij is tevens directeur van Heemskerk Innovative Technology (HiT). 'Zodra zo'n robot in de ruimte is, kun je hem niet even terughalen omdat er iets mis is. Dus dat betekent dat je al van tevoren moet nadenken over redundantie en fallback-systemen die ervoor moeten zorgen dat hij onder alle omstandigheden zijn functie blijft vervullen. En omdat hij werkt in een omgeving waar ook astronauten met een ruimtewandeling bezig kunnen zijn, moet je ook een hoog niveau van veiligheid garanderen. Om die redenen wordt tijdens het ontwerp al rekening gehouden met degradatiemechanismen en mogelijke invloeden van buitenaf die het functioneren zouden kunnen beperken. Zo'n robot wordt

volgehangen met diagnosesystemen en kan desnoods zelf ingrijpen als er iets mis dreigt te gaan.'

Nu zijn de systemen in die big science hightech-omgevingen vaak uniek en zeer kostbaar, maar dat wil volgens Heemskerk niet zeggen dat dezelfde denkwijze, technologie en procedures niet kunnen worden toegepast op wat aardse zaken. 'Neem de systemen van waferstepperfabrikant ASML. Ook dat zijn allemaal unieke systemen die zeer hightech, gevoelig en duur zijn. Maar ook een petrochemische installatie wordt kostbaar als de productie stilstaat doordat componenten of deelsystemen falen. In zo'n geval is het vaak goedkoper om een ontwerp fail safe te maken dan spares op de plank te houden om eventuele falende onderdelen te vervangen.'

Design to maintain

Heemskerk breekt dan ook een lans voor het naar voren halen van maintenance. 'Als al in de ontwerpcyclus rekening wordt gehouden met het feit dat een machine degradeert en onderdelen moeten worden vervangen, kun je daarvan tijdens de levenscyclus ervan profijt hebben. Neem het eenvoudige voorbeeld van een deurtje in een waferstepper van ASML waarachter een sensor zit die zo nu en dan moet worden vervangen. Als pas achteraf blijkt dat het deurtje de verkeerde kant op draait waardoor het nauwelijks kan worden geopend nadat de machine is geïnstalleerd, heb je een dure ingreep te pakken. Dat kan voorkomen worden door het onderhoudsscenario van tevoren te simu-

leren.' Heemskerk ziet design to maintain overigens niet als einddoel: 'Uiteindelijk wil je machines zo ontwerpen dat ze helemaal geen onderhoud meer nodig hebben. Dat betekent wel dat je zeer goed moet weten waarom materialen vermoeien of componenten degraderen en welke mechanismen je kunt inbouwen om dat te voorkomen of die ervoor zorgen dat het systeem blijft werken als een onderdeel faalt.'

Ook op het gebied van sensoren en analyse is steeds meer mogelijk. 'Vaak kun je aan veranderingen in temperatuur of bijvoorbeeld de geluidsfrequentie al heel veel afleiden over de conditie van een systeem. Een eenvoudige weerstandmeting kan je al heel veel informatie verschaffen over de staat van een coating of eventuele corrosie. Als je maar de onderliggende degradatiemechanismen kent en de juiste sensoren op de juiste plek plaatst. Daarbij is het ook handig dat je zeker weet dat wat je meet accuraat is, dus zul je er ook voor moeten zorgen dat de sensoren gekalibreerd zijn.'

Ruiter te paard

Het bedrijf van Heemskerk, HiT, is betrokken bij een aantal zeer complexe projecten. Een van de meest tot de verbeelding sprekende projecten is misschien wel de voorbereidingen die worden genomen voor de bouw van de kernfusiereactor ITER. ITER wordt een tokamak-machine met een fusievermogen van vijfhonderd megawatt thermisch en een inputvermogen van vijftig megawatt, zodat hij tien keer meer energie zou moeten produceren dan hij gebruikt. In de reactor



wordt een plasma opgewekt van tritium en deuterium. Verhitting vindt plaats via een neutrale deeltjesbundel, radiogolven en met elektron cyclotron straling, wat nog het best vergeleken kan worden met magnetronstraling. De tijdsduur van het plasma bedraagt vijfhonderd seconden, wat met geavanceerdere technieken uit te breiden is tot zo'n drieduizend seconden. Om een beeld te geven van de omvang van het 'studieobject': ITER is ongeveer 24 meter hoog en 34 meter in doorsnede, en het plasmavolume bedraagt 850 kubieke meter. De straal van de torus is ongeveer zes meter, en de plasmakamer is ongeveer acht meter hoog. Inmiddels zijn in de Franse plaats Cadarache de fundamenten voor de reactor aangelegd en men verwacht de reactor rond 2022 in gebruik te kunnen nemen. 'Je kunt je voorstellen dat het onderhoud aan zo'n installatie niet aan het toeval wordt overgelaten', zegt Heemskerk. 'Omdat het hart van de reactor licht radioactief is, wordt het onderhoud eraan door robots uitgevoerd. Wij zijn nu bezig om het werk dat die robots straks moeten uitvoeren te simuleren zodat de wetenschappers straks niet voor verrassingen komen te staan. De zolderverdieping van ITER is bijvoorbeeld uitgerust met poortpluggen die per stuk zo'n vijftien tot twintig ton wegen. In die pluggen zit allerlei meet-apparatuur en spiegels die de plasma in de gaten houden. Met name die spiegels moeten zo nu en dan worden schoongemaakt of vervangen omdat ze vies worden of scheuren. Daarvoor worden de poortpluggen door hydraulische robots uit de

wand getrokken en naar de zogenaamde hot cel gebracht. Die robots worden aangestuurd via remote handling. Dat wil zeggen dat een maintenance-expert van buitenaf de robot aanstuurt en haptische feedback krijgt van de robot. We hebben een programma ontworpen dat niet alleen het werk simuleert, maar dat ook situaties kan creëren waarin het misgaat.' Vooral wat dat laatste betreft, laten simulatieprogramma's nog wel eens steken vallen, zegt Heemskerk. 'De meeste programma's houden geen rekening met de tijd en contactdynamica. Ze gaan vaak uit van een ideale situatie waar alles klopt en alles in balans is. Maar dat is niet hoe het in werkelijkheid aan toegaat. In de werkelijke wereld wil het wel eens voorkomen dat als je een poortplug van zeven meter lengte en een gewicht van zeventien ton tilt, het net niet goed in evenwicht is of dat het zwaartepunt net even lager ligt dan gedacht. Wat ga je doen als zo'n poortplug begint te wankelen, of wat kun je eraan doen om dat te voorkomen? Het zijn reële vragen waar je van tevoren over zult moeten nadenken. Je kunt allerlei scenario's bedenken om op die manier de procedures te ontwikkelen als zo'n situatie zich daadwerkelijk voordoet. We gebruiken daarvoor elementen uit de speltheorie, een wiskundige manier om de gevolgen van beslissingen te analyseren. Nog beter is om de ongewenste situatie al in het ontwerp te tackelen. Zo zitten in de poortpluggen ook allerlei koelleidingen die een paar meter uitsteken. Dat betekent dat je zo'n plug heel goed moet positioneren wil je hem weer goed terug op

zijn plaats krijgen. Een beetje scheefstand en je krijgt hem er nooit meer in. Nu we dat weten, kunnen we kijken of we de leidingen bijvoorbeeld kunnen inkorten of dat er geleiders moeten worden geïnstalleerd. De volgende stap is om operators te trainen om straks goed beslagen ten ijs te komen. Als je goede modellen hebt, dan zou je zelfs haptische 'guidance' kunnen gebruiken. Daarin ondersteunt de computer de operator bij het bereiken van een goede uitlijning. Vergelijk het maar met een ruiter te paard. De ruiter is de baas en stuurt uiteindelijk het paard, maar het paard heeft ook zijn eigen wil en heeft dus ook invloed op de richting en snelheid om obstakels te vermijden.'

Ontwerpfouten

Dezelfde methodiek kan volgens Heemskerk ook worden toegepast op industriële installaties. 'Tijd wordt een steeds belangrijkere factor bij shutdowns en turnarounds. Bovendien gaat zo'n periode vaak gepaard met veel hectiek en potentiële risico's. Door personeel van tevoren te trainen op niet nominale situaties, kun je ze goed voorbereiden, net als een piloot ook traint om bij een noodgeval adequaat op te treden. Doordat ze goed voorbereid zijn, kun je de doorlooptijd van de daadwerkelijke shutdown verkorten zonder dat de veiligheid in het geding komt. Maar ook als een installatie nog niet eens is gebouwd, kun je operators trainen op realistische situaties. En ook hier geldt weer: je kunt daarmee ook de ontwerpfouten eruit halen vóórdat een installatie daadwerkelijk wordt gebouwd.' ●