

INTEGRAAL MAINTENANCE MANAGEMENT

**In samenhang transformeren
tot een waardetoevoegende activiteit**

INHOUD

Voorwoord

1	Onderhoud, (g)een noodzakelijk kwaad	13
1.1	Inleiding	13
1.2	Onderhoud	15
1.3	Stipulatieve definitie van onderhoud	17
1.4	Evolutie van onderhoud: historie en nu	18
2	Assets	23
2.1	Assets: abstract	23
2.2	Assets: specifiek	24
2.3	Het belang van functievervulling	25
2.4	Essentiele vragen in relatie tot assetonderhoud	29
2.5	Decompositie	31
3	Betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en veiligheid als prestatie-indicatoren	35
3.1	RAMS	36
3.2	VGBEMM (veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energie, milieu en maatschappelijk)	39

3.3	Prestatie-indicatoren	41
3.4	Faaldefinities	42
4	Werken met betrouwbaarheid en beschikbaarheid	45
4.1	Mean time between failure (MTBF), mean time to failure (MTTF) en mean time to repair (MTTR)	46
4.2	Faalkans of storingskansdichtheid $f(t)$	48
4.3	Faalkans $F(t)$	51
4.4	Storingsgraad $Z(t)$ of failure rate (λ)	51
4.5	Betrouwbaarheid $R(t)$	53
4.6	Beschikbaarheid	56
4.7	Weibull-verdeling: een stochastisch model van faalkans	58
5	Onderhoudsstrategieën en -taken: thema's van een onderhoudsconcept	71
5.1	Onderhoudsstrategieën	71
5.2	P-F curve	74
5.3	Welke onderhoudsstrategieën zijn op welk moment nuttig	75
5.4	Onderhoudstaken	76
5.5	Verschillen tussen storingscategorie, storingsvorm, storingsmechanismen	80
6	Risicomanagement	83
6.1	Risico, oorzaak, gevolg en de beheersmaatregelen	83
6.2	RCM	86
6.3	FMECA	87
6.4	Risico-inventarisatiemethode (NEN 2767)	98
6.5	Storingsanalyse om risico's te elimineren, vermijden of mitigeren	105
7	Economische aspecten en investeringsbeslissingen	107
7.1	Algemeen financieel economisch management: enkele economische principes	108
7.2	Modificaties en vervangingen	109
7.3	Terugverdienperiode	110
7.4	Return on investment	112
7.5	Break-evenpuntanalyse	113
7.6	Netto contante waarde	113
7.7	Kostprijs	115
7.8	Reservedelen- en voorraadbeheersing	117
7.9	Wat, hoeveel, waar en wanneer (bij)bestellen	121

7.10	Optimale bestelgrootte (formule van Camp): deterministisch model	121
7.11	Serviceniveau	122
7.12	Opslagruimte- en dervingskosten	127
7.13	Onderhoudsbegrotingen of budgetteringen	132
7.14	Meerjaren onderhoudsbegroting en meerjaren onderhoudsplanning	133
7.15	Life Cycle Cost en Total Cost of Owner Ship	135
8	Maintenancemanagementinformatiesystemen	141
8.1	Data en informatie	142
8.2	Informatiebeheer	142
8.3	De waarde van schouwinspecties	144
8.4	Smartmaintenance	144
8.5	Kennismanagement/kennisborging	145
8.6	Separaat gebruik van onderhoudsmanagement- of onderhoudsbeheersystemen	147
9	Werkstroombeheersing	149
9.1	Werkstroombeheersing	150
9.2	Verschillende wachtrijen	155
10	Maintenance/serviceorganisatie	163
10.1	Organisatie(s) en organiseren: een algemene beschrijving	164
10.2	Mintzbergs ideeën	167
10.3	Taylor	167
10.4	Organiseren op socio-technische basis	169
10.5	Een concretere manier van organiseren op socio-technische wijze	169
10.6	Organiseren van (Lean)onderhoud	172
10.7	De maintenancemanagementvolwassenheid van een organisatie	175
	Bibliografie	183

1

Onderhoud, (g)een noodzakelijk kwaad

In dit eerste hoofdstuk geven we antwoord op de vraag wat onderhoud is. Voor we daaraan toekomen, bieden we zicht op hoe managers vaak naar onderhoud kijken. We positioneren onderhoud en het onderhoudsproces in algemene zin, om vervolgens te laten zien dat onderhoud een noodzakelijk kwaad is. Door het positioneren van een aantal definities en inzicht in verschillende zienswijzen over hoe we naar onderhoud kunnen kijken, komen we tot beantwoording van de vraag wat onderhoud is met als credo: onderhoud is geen kostenpost, maar een investering. Onderhoud (b)lijkt een noodzakelijk kwaad. Het is de kunst om het geen hinderlijke onderbreking te laten zijn van het productie- of dienstverleningsproces en als dat wel zo is, dit tot een minimum te beperken.

1.1 - Inleiding

Tegenwoordig stelt men hoge eisen aan onderhoud. Zo moeten assets aan wettelijke eisen voldoen en verlangen we een hoge betrouwbaarheid en beschikbaarheid. Daarnaast is er een snelgroeiend bewustzijn dat de mate waarin storingen (functieverliezen) optreden de veiligheid en het milieu kunnen beïnvloeden. Een toenemend besef van het verband tussen onderhoud en

productkwaliteit, maar ook toenemende druk om hogere beschikbaarheid en betrouwbaarheid te realiseren en de daarmee gemoeide kosten te beheersen, maken de druk op de maintenance-afdeling steeds groter. Al deze veranderingen stellen de maintenancefunctie binnen de industrie en/of installatiebranche op de proef.

Toch lijkt onderhoud geen sexy ding, ondanks dat we er niet aan ontkomen. Of we nu te maken hebben met productiemiddelen, gebouwgebonden installaties, vastgoed, auto of fiets. Allen hebben een bepaalde mate van onderhoud nodig, om de functie waarvoor ze ontworpen zijn te vervullen. Wanneer we naar (top)managers kijken en hoe zij onderhoud zien, dan lijkt het alsof ze onderhoud geen interessant thema vinden, terwijl onderhoud het bedrijf kan maken of breken. Onderhoud wordt vaak gezien als facilitaire functie binnen een bedrijf, maar voegt wel degelijk waarde toe. Onderhoud is een noodzakelijk kwaad, waarbij we ons moeten realiseren dat onderhoud geen hinderlijke onderbreking is van het productie- of dienstverleningsproces.

Managers bevinden zich in de wereld van groei, winsttoename, kosten, baten, risicomangement en sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingenanalyses. Maintencemanagers hebben vaak een technische achtergrond, hebben affiniteit met techniek of bezitten bedrijfskundige- en/of praktijkkennis die zeer goed van pas komt in de maintenancemanagementpraktijk. Over het algemeen zijn ze opgegroeid in de techniek en denken en handelen vanuit het voorkomen van storingen en het uitvoeren van preventief onderhoud, met als doel de klant tevreden te stellen. Daarmee zijn ze oplossingsgericht en vakinhoudelijk sterk, maar minder conceptueel. En dat is precies waar het vakgebied van onderhoud naar geëvolueerd is, denken vanuit het concept en de langetermijnstrategie. Onderhoud is niet eenvoudigweg het verhelpen van storingen en het uitvoeren van preventieve onderhoudstaken om storingen te voorkomen en klanten tevreden te stellen. Het is breder. Feitelijk zouden de maintenancemanagers iets moeten weten van wat de (top)managers weten, zodat ze dit handig kunnen inzetten bij de uitvoering van hun functie. Andersom geldt hetzelfde. De (top)managers mogen best meer kennis hebben van wat onderhoud nu eigenlijk is en inhoudt.

Onderhoud is het plannen van preventieve onderhoudstaken en deze handig bundelen, zodat ze efficiënt en effectief verlopen. Het bestaat uit het analyseren van storingen om herhaling te voorkomen. Het is ook adviseren van de afdelingsmanagers in een businesscase of adviseren van de klant om bepaalde investeringen te doen om emissieneutraal te worden of om een nieuwe luchtbehandelingskast of ketel aan te schaffen. Adviezen die keurig

technisch en economisch onderbouwd moeten zijn. Zaal (2016) zegt terecht dat een maintenancemanager een technoom moet zijn. Een maintenancemanager dient veel meer te weten dan enkel iets van onderhoud. Hij weet iets van: techniek, financieel-economisch management, onderhoudskundige begrippen als betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid en moet daarmee kunnen rekenen. Hij weet storingsanalyse middels statistische bewerkingen uit te voeren en daaruit conclusies te trekken. Hij kan bij de optimalisatie van een maintenanceproces Lean-maintenancemanagementtechnieken inzetten en gebruiken, zoals bijvoorbeeld DMAIC, VOC, SIPOC, TPM, OEE, FMECA, RCM, VSM, 5S, Takttime, Flow, Pull, visgraatdiagram en nog veel meer. Overigens is Lean een procesverbeteraanpak, die zich richt op het zo efficiënt en effectief uitvoeren van de arbeid met als doel het maximaliseren van klantwaarde. Dit gebeurt door het minimaliseren van verspillingen in de voortbrengingsprocessen (Van Loenen, 2021). Een maintenanceproces bestaat ook uit een aantal handelingen waarbij Lean-methoden en -technieken prima te gebruiken zijn.

Om machines en gebouwgebonden installaties (GGI's) naar behoren te laten functioneren is tijdig en adequaat onderhoud nodig. Maar het is meer. Onderhouden is slechts een van de noodzakelijke variabelen. We hebben ontwerpers, engineers, planners, werkvoorbereiders, inspecteurs, operators, contractmanagers en de onderhoudsman/-vrouw nodig. Alles moet met elkaar in harmonie samenwerken en ze moeten van elkaar begrijpen welke rol ze spelen en bijdrage ze leveren in het gehele proces. Kortom, het vakgebied onderhoud kunnen we wellicht beter vervatten als het integraal managen van het onderhoudsmanagementproces, waarbij integraal niet allesomvattend betekent, maar in samenhang. Want hoeveel onderhoud genoeg is en wat het mag kosten hangt af van de context en de eisen binnen die context.

1.2 - Onderhoud

Wanneer we de onderhoudsliteratuur erop naslaan en/of het internet afspeuren, dan zijn er diverse auteurs die diverse onderhoudsdefinities optekenen. Allemaal schitterende volzinnen die we kunnen ontrafelen in binaire begrippen als preventief en correctief onderhoud en inspecteren en repareren. We geven een aantal definities.

- Het totaal van activiteiten met als doel, het in “een aanvaardbare conditie” houden of terugbrengen van machines, gebouwen, verkeersinfrastructuur, computerprogramma's, natuur enzovoort, teneinde (direct en op termijn) de “gevraagde mate van functionaliteit” te borgen (Wikipedia, 2022: 30-12-22).

- De combinatie van alle technische, administratieve en bestuurlijke activiteiten tijdens de levenscyclus van een object, die zijn gericht op het behouden van of herstellen naar een toestand waarin het de vereiste functie kan uitvoeren (Europese norm EN 13306).
- De werkzaamheden die nodig zijn om een machine operationeel te houden of weer in een operationele staat te brengen, zodat het zijn functie weer kan vervullen (Reijers, 2009).
- Het totaal van activiteiten met als doel productiemiddelen te behouden of te herstellen naar een toestand om de functie te vervullen (Alkema, 2009).
- Onderhoud is alle activiteiten die als doel hebben een technisch systeem in de technische staat te houden of terug te brengen, die nodig wordt geacht voor de door het systeem te vervullen functie (Smit, 2011).
- Een bestaand product in goede staat brengen en houden om de gestelde taken en functies te kunnen uitvoeren (Tromp, 2019).
- Ervoor zorgen dat fysieke assets blijven doen wat hun gebruiker wil dat ze doen (Moubray 1997).
- All the activities of the management that determine the maintenance objectives or priorities (defined as a management method in order to achieve maintenance objectives), and responsibilities and implement them by means such as maintenance planning, maintenance control and supervision, and several improving methods including economical aspects in the organization (Márquez, 2010).
- Onderhoud van technische systemen is alle activiteiten die ten doel hebben het in de technische staat houden of terug te brengen, die nodig wordt geacht voor de door het systeem te vervullen functie (Geraerds, 1988).

Als we de definities analyseren, dan zien we een aantal gemeenschappelijkheden. Bijvoorbeeld het in stand houden van, iets terugbrengen naar een bepaalde toestand, dat het activiteiten betreft en een functie vervullen. Geraerds (1988) kiest de term “technisch systeem” en Tromp (2019) bijvoorbeeld “product”. Beiden bedoelen hetzelfde, namelijk asset. Geraerds kiest de term “technisch systeem” om twee redenen. Ten eerste sluit de ook wel aangetroffen term “productiemiddelen” de objecten uit, die geen herkenbare productie bewerkstelligen, zoals gebouwen, infrastructuur en dergelijke. Ten tweede beperkt hij zich tot systemen waarvan het gedrag wordt bepaald door de fysica. Hiermee sluit zijn definitie biologische systemen uit. Het doel van onderhoud zouden we kunnen vervatten in een aantal kernwoorden.

Onderhoud

- verlengt de technische en economische levensduur;
- houdt ontwerpfunctie(s) in stand;
- waarborgt beschikbaarheid;

- draagt bij aan de restwaarde van machine, pand en aan bedrijfswaarde;
- handhaaft imago.

1.3 - Stipulatieve definitie van onderhoud

Op basis van Geraerds uitgangspunten kunnen we een stipulatieve (aangepaste) definitie opstellen, namelijk: *Onderhoud betreft alle activiteiten die een organisatie op de rails zet om de gewenste toestand van een systeem (asset) te behouden of die weer in een vereiste toestand terug te brengen, met als doel een zo betrouwbaar mogelijk en veilig functionerend systeem/asset tegen acceptabele kosten en risico's.*

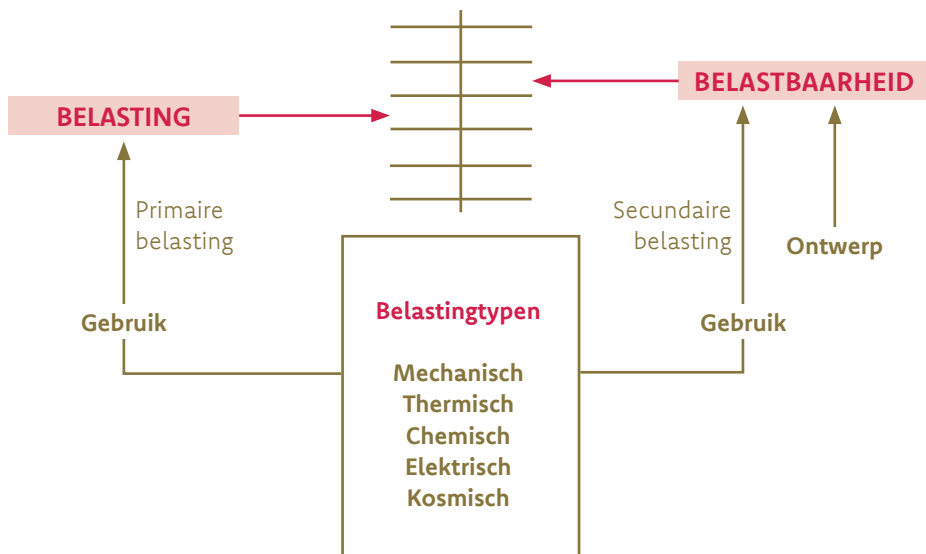
Onderhoud betreft dus meer dan enkel het uitvoeren van preventief en correctief onderhoud. Het houdt ook onderhoudsactiviteiten in als plannen, bestellen, (her)ontwerpen, modificeren en het managen van personeel/medewerkers. Met voldoen aan vereiste prestaties leggen we de relatie met de te realiseren organisatiedoelen (Zaal, 2016). En dit is van belang, omdat onderhoudsactiviteiten moeten bijdragen aan de realisatie van organisatiedoelen. Dat betekent dat een eigen onderhoudsafdeling binnen een organisatie, zoals vaak in een industriële omgeving, faciliterend is aan de productie. De onderhoudsafdeling stemt haar afdelingsdoelen logisch af op de missie, visie en doelstelling (MVD) van de organisatie. En zou dus alles binnen haar vermogen in het werk moeten stellen om de onderhoudsinterventies te laten bijdragen aan de realisatie van de MVD van de organisatie. In de installatietechnische branche geldt hetzelfde. Een serviceprovider, zoals dat dan zo mooi heet, kijkt naar de belangen van de eigen organisatie en houdt rekening met de belangen van de opdrachtgever (vastgoedeigenaar) en die van de gebruiker.

Als voorbeeld nemen we een serviceprovider die onderhoud pleegt aan GGI's. Hij doet dit in opdracht van een vastgoedeigenaar en/of gebruiker van het pand waar deze installaties in of aan zitten. Een vastgoedeigenaar heeft als het goed is een vastgoedbeleid, maar niet altijd. Op dat beleid stemt de serviceprovider het onderhoud af. Vaak verhuurt de vastgoedeigenaar zijn pand aan een gebruiker met een eigen MDV (omdat het hier ook vaak om bedrijven gaat). Een serviceprovider heeft een extra dimensie om rekening mee te houden, namelijk de belangen van een klant (vastgoedeigenaar), van de gebruiker en die van zichzelf.

In beide gevallen, industrie of installatie, doen we er goed aan ons te realiseren dat onderhoudsinterventies soms inbreuk maken op het primaire proces. We moeten proberen ervoor te zorgen dat de onderhoudsinterventies het primaire proces zo min mogelijk hinderen.

1.4 - Evolutie van onderhoud: historie en nu

De afgelopen twee decennia is er veel veranderd op het gebied van maintenance. Deze veranderingen zijn het gevolg van een significante toename van de aantallen fysieke bedrijfsmiddelen, zoals machines, gebouwgebonden installaties, apparatuur en gebouwen. Al deze assets hebben een bepaalde onderhoudsbehoefte afhankelijk van hun ontwerp, gebruiks- en belastingsprofielen (Tinga, 2013) en leeftijd. Denk aan uv-straling, trillingen, stoffen, zand, warmte, kou, elektrische velden, vocht en andere belastingtypes, die falen of disfunctioneren van een asset tot gevolg hebben. Een gevolg met onbalans tussen belasting en belastbaarheid als oorzaak.



Afbeelding 1.1: Factoren die invloed hebben op falen of disfunctioneren (Tinga, 2013).

Tinga's inzichten (2013) zijn nog niet zo lang geleden toegevoegd aan onze kennis over onderhoud. Nadenken over onderhoud doen we pas sinds de vijftiger jaren van de vorige eeuw. De eerste generatie van het denken

over onderhoud vertelde ons dat we pas repareren als het defect is. In de tweede generatie draaide het om periodieke revisies en systemen voor werkstroombeheer (ERP). De derde generatie betreft ontwikkelingen in de richting van toestandsbewaking, FMECA's, meerkundigheid, kleinere en snelle computers, risicostudies en reliability engineering (Moubray, 1997, Smit, 2012, 2014; Stoker, 2020). Feitelijk is onze kennis over onderhoud geëvolueerd tot wat het nu is door veel belangrijke bijdragen in dit vakgebied.

De eerste generatie (tot +/- 1940)

Deze periode heeft betrekking op de jaren tot aan de Tweede Wereldoorlog. Toen was de industrie nog niet zo sterk gemechaniseerd, waardoor het stilvallen van assets als niet heel verstoring werd ervaren. Hierdoor werd ook niet veel belang gehecht aan het voorkomen van storingen. Voorts waren de meeste assets relatief eenvoudig ontworpen en waren over het algemeen overgedimensioneerd. Ze sleten minder snel als gevolg van de gebruiks- en belastingsprofielen. Door het relatief eenvoudig ontwerp waren de assets niet alleen betrouwbaar, maar ook eenvoudig te repareren, wat de beschikbaarheid ten goede kwam. Systematisch onderhoud was niet noodzakelijk, behalve schoonmaken, smeren en nakijken. Maintenancevakmanschap was dan ook niet vereist.

De tweede generatie (+/- 1950-1970)

De Tweede Wereldoorlog bracht grote veranderingen met zich mee. De vraag naar allerlei middelen was enorm en de hoeveelheid mensen werkzaam in de industrie was niet zo groot. De mechanisering nam een grote toevlucht. Machines werden ingewikkelder en het aantal nam fors toe. Organisaties die afhankelijk waren van de machines kwamen op het idee om storingen te voorkomen, omdat men anders de gevraagde productieaantallen niet kon realiseren. Dit leidde tot nadenken over preventief onderhoud. Onderhoud bestond uit vaste intervallen en revisies van assetonderdelen, waardoor de maintenancekosten toenamen. Zo ontstond de behoefte aan maintenancebesturingssystemen (ERP-systemen). Doordat er veel kapitaal in fysieke bedrijfsmiddelen zat leidde dat ertoe dat men op zoek ging naar levensduurverlengingsmethoden van assets.

De derde generatie (1970-2000)

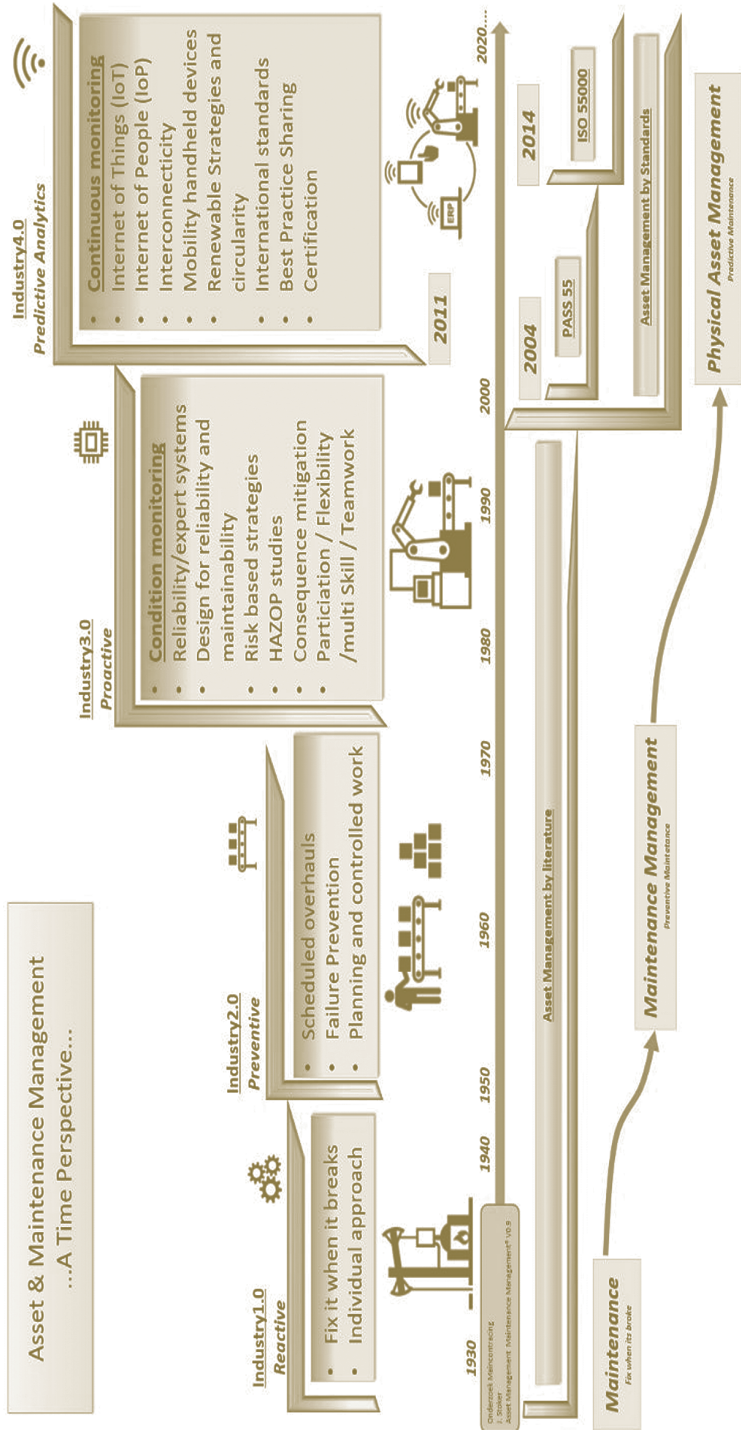
In de jaren zeventig kwamen veranderingen binnen het maintenancevakgebied in een stroomversnelling. Stilstand had negatieve invloed op de productie, omdat het de opbrengsten verminderde. En dat terwijl de bedrijfskosten doorliepen of zelfs toenamen. Met de toenemende mechanisering en automatisering

werden de begrippen beschikbaarheid en betrouwbaarheid belangrijker. Meer automatisering betekent dat steeds meer storingen van invloed zijn op ons vermogen aan de vereiste kwaliteitsnormen te blijven voldoen. Dit geldt zowel voor de kwaliteit van producten als diensten. Storingen kunnen bijvoorbeeld de klimaatbeheersing in een gebouw beïnvloeden of ertoe leiden dat een productieproces niet altijd binnen de kwaliteit- of specificatie-eisen blijft. Verder hebben storingen soms ook gevolgen voor milieu en/of veiligheid. Op dit gebied worden de eisen (wereldwijd) steeds strenger. In sommige delen van de wereld staan bedrijven voor de simpele keuze: of voldoen aan de eisen die de maatschappij en de overheden stellen op het gebied van veiligheid en milieu of de activiteiten staken. Tegen deze achtergrond komt onze afhankelijkheid van assets in een heel ander daglicht te staan. En deze aandacht gaat verder dan alleen kosten. Het betreft ook het voortbestaan van een onderneming.

Met de toename van bedrijfsmiddelen en de complexiteit ervan, nemen ook de kosten die daarmee samenhangen toe. Dit betreft de kosten om de bedrijfsmiddelen te verwerven, bezitten, onderhouden en af te stoten. Om maximaal rendement te realiseren op het geïnvesteerde vermogen moeten we de assets zo efficiënt mogelijk laten werken gedurende een zo lang mogelijke periode. In sommige sectoren maken de maintenancekosten het grootste of op een na grootste deel uit van de totale bedrijfskosten. Dit betekent dat de onderhoudskosten een significante rol van betekenis spelen in het beheersen van bedrijfskosten. Theoretisch onderzoek uit deze tijd liet zien dat de leeftijd van een asset bepalend is voor de faalfrequentie van een asset. Het is inmiddels duidelijk dat er een minder sterk verband bestaat tussen de leeftijd of ouderdom van een asset en de kans op storingen. De visie uit de jaren vijftig van de vorige eeuw, dat naarmate assets ouder worden de kans op verstoringen daardoor toeneemt, geldt in veel mindere mate (Tinga, Wubben, Wieger, Wortmann, & Gaalman, 2021).

De vierde generatie (van 2000 tot heden)

De ontwikkeling van de vierde generatie van maintenance zette zich in rond het millennium. Hierin zien we een nadrukkelijke ontwikkeling van maintenance naar assetmanagement. De grootste evolutionaire beweging binnen dit tijdperk is het internet en de connectiviteit. Sensoren kosten nog maar een fractie van wat ze in de jaren negentig van de vorig eeuw kostten. Hierdoor kunnen we onze assets continu monitoren en middels big data het gedrag van de asset leren kennen. Algoritmen stellen ons in staat om faalgedrag van assets te voorspellen, waardoor just-in-time-onderhoud en daarmee verdere optimalisatie van het onderhoud en kosten in het verschiet liggen.



Afbeelding 1.2: Evolutie van onderhoud (Arunraj & Maiti, 2007; Stoker, 2020).