

Onderzoeksverslag

Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek



Auteurs	Martijn van Bommel & Koen Jacobs
Opdrachtgever	Van Den Broek Systemen Batavenweg 13 5349BC Oss Bedrijfsbegeleider: Roderik van Heerbeek
Onderwijsinstelling	Han University of Applied Science Laan van scheut 10 6525EM Nijmegen Schoolbegeleider: Mariëlle Seegers
Plaats en Datum	Oss, 16-1-2023



Versiebeheer

Versie	Omschrijving	Datum
V 1.0	Initiële versie	18-10-2022
V 2.0	Aanpassing a.d.h.v. feedback schoolbegeleider	13-12-2022
V 3.0	Samenvatting en aanbeveling	10-1-2023

Voorwoord

Dit onderzoeksverslag is geschreven zodat na het uitvoeren van het project duidelijk is welke onderwerpen onderzocht zijn en hoe de keuze tot stand is gekomen voor het realiseren van predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek.

Het verslag is geschreven in het kader van het project dat samenhangt met de minor Smart Industry die door de studenten gevolgd wordt op de HAN in Nijmegen.

Onze rol is het volledig sturen van het project en het zoveel mogelijk zelfstandig uitvoeren hiervan. Gedurende het beschrijvend onderzoek hebben we hulp gekregen van meerdere collega's bij Van den Broek systemen.

Onze dank spreken wij uit naar onze bedrijfsbegeleider Roderik van Heerbeek voor het begeleiden en het in contact brengen met de juiste personen gedurende het project. Ook willen wij de collega's bedanken die ons geholpen en gesteund hebben gedurende het project. Zonder hen was het niet gelukt om het project uit te voeren en het resultaat te bereiken wat nu bereikt is.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Martijn van Bommel & Koen Jacobs

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 3 van 41

Samenvatting

Door het steeds groter wordend (technisch) personeelstekort, zoekt Van den Broek systemen een technische oplossing waarmee de medewerkers op een efficiëntere manier ingezet kunnen worden. Door de traditionele manier van onderhoud dat Van den Broek gebruikt, word er veel gereisd en op een inefficiënte manier onderhoud uitgevoerd. Het doel is om onderzoek te doen naar een onderhoudsmethode die in de industrie al breed toegepast word: predictive maintenance. Uit deze probleemstelling is de volgende hoofdvraag voortgekomen: **‘Welke IOT-oplossingen en data gedreven technologieën kan Van Den Broek Systemen gebruiken en welke wijze kan dit toegepast worden om hiermee predictive maintenance uit te voeren op hun beveiligingssystemen en elektrotechnische installaties?’**.

Om inzicht te krijgen wat er momenteel al bekend is over predictive maintenance in de industrie, is deskresearch uitgevoerd door onder andere wetenschappelijke artikelen te analyseren. Vervolgens is kwalitatief onderzoek uitgevoerd, namelijk een onderzoek naar de huidige manier van onderhoud bij Van den Broek systemen doormiddel van observatie (meelopen met monteurs) en interviews.

Er zijn vijf soorten onderhoud dat toegepast kan worden:

- Reactief onderhoud – Onderhoud bij volledig defect object
- Correctief onderhoud – Onderhoud bij defect aan deel van object
- Preventief onderhoud – Onderhoud voor falen van object
- Conditie-gebaseerd onderhoud – Real-time toestandsbewaking van object, handmatige onderhoudsinterval
- Voorspellend onderhoud – Real-time toestandsbewaking van object, automatische onderhoudsinterval

In de industriële elektrotechniek word de digitalisering van de installatie opgedeeld in drie niveaus:

1. Digital model – Handmatige koppeling tussen fysiek- en digitaal object.
2. Digital shadow – Handmatige koppeling tussen digitaal object → fysiek object, automatische koppeling tussen fysiek object → digitaal object.
3. Digital twin – Automatische koppeling tussen fysiek- en digitaal object.

Voor het onderzoek naar de digitalisering van een installatie in de beveiligingstechniek is geconcludeerd dat in de brandbeveiliging word gepleit dat er predictive maintenance toegepast word, alleen is er geen automatische terugkoppeling tussen het digitale object en het fysieke object. Daardoor is het niveau in de beveiligingstechniek momenteel conditie-gebaseerd onderhoud. Uit het kwalitatieve onderzoek naar de huidige manier van service en onderhoud bij Van den Broek systemen kan geconcludeerd worden dat momenteel correctief onderhoud toegepast word, waardoor het technisch personeel niet efficiënt ingezet word.

De conclusie is daarom dat predictive maintenance (met de daarbij horende digital twin) nog een stap te ver is om te implementeren binnen de huidige werkwijze. Een tussenstap is de data gedreven methode van de digital shadow, dat samenhangt met conditie-gebaseerd onderhoud. Hiermee is de oorspronkelijke vraag niet beantwoord, maar van correctief onderhoud kan niet direct naar predictive maintenance veranderd worden. Hiervoor is de bovengenoemde tussenstap benodigd.

Als aanbeveling is een systeem gegeven dat Van den Broek systemen verder kan onderzoeken en een prototype kan inwikkelen waardoor het mogelijk wordt om van installaties een digital shadow te maken.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 4 van 41

Inhoudsopgave

Versiebeheer.....	2
Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
Inleiding	7
1. Wat is predictive maintenance?.....	8
1.1. Soorten onderhoud	8
1.1.1. Reactief onderhoud	8
1.1.2. Correctief onderhoud	9
1.1.3. Preventief onderhoud.....	10
1.1.4. Conditie-gebaseerd onderhoud.....	11
1.1.5. Voorspellend onderhoud	12
1.2. Onderhoud vergelijking	13
1.2.1. Kosten en Return on Investment (ROI).....	13
1.2.2. Belang en complexiteit van het systeem.....	14
2. Welke predictive maintenance methodieken en technologieën worden momenteel bij elektrotechnische installaties toegepast?	15
2.1. Digital Model.....	15
2.2. Digital Shadow	16
2.3. Digital Twin	16
2.4. Conclusie	17
3. Welke predictive maintenance methodieken en technologieën worden in de beveiligingssystemen momenteel al toegepast?	18
3.1. Brandbeveiliging	18
3.1.1. Brandmeldinstallatie.....	18
3.2. Condition based maintenance	20
3.3. Ontruimingsinstallatie	22
3.4. Inbraakbeveiliging.....	23
3.5. Noodverlichting	24
3.6. Conclusie	25
4. Op welke wijze verloopt het huidige proces binnen Van den Broek systemen betreft het service en onderhoud?	26
4.1. Werkwijze Van den Broek systemen	26
4.2. Conclusie	27

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 5 van 41

5. Wat zijn de ontwikkelingen op het gebied van onderhoud die interessant zijn voor Van Den Broek systemen?.....	30
5.1. Augmented reality (AR)	30
5.2. Mixed reality	31
5.3. 4-Dimensional BIM	32
5.4. PSIM software Sky-Walker.....	33
Conclusie	34
Aanbevelingen	36
Toegangscontrole	36
Videobewaking	36
Brandbeveiliging	37
Noodverlichting	37
Cerberus DMS	37
Bibliografie	39

Inleiding

Van den Broek systemen is een besloten vennootschap dat gevestigd is in Oss. Van den Broek Systemen is in 1987 gestart als eenmanszaak. Vanuit interesse en talent voor techniek is Niek Van den Broek systemen gestart met de aanleg van beveiligingsinstallaties voor particulieren en het midden- en kleinbedrijf. De onderneming is autonoom gegroeid naar het huidige bedrijf waarin dagelijks ruim 70 vakmensen aan de slag zijn met beveiliging, telecom en elektrotechniek.

[\(Installatiebedrijf van den Broek Systemen Oss | Organisatie, z.d.\)](#)

Om het niveau van het service- en onderhoudsproces te verhogen wil Van den Broek systemen een onderzoek naar Predictive Maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek. Hierin zit zowel theoretisch als empirisch onderzoek naar predictive maintenance in het verleden, wat er momenteel toegepast wordt en wat de ontwikkelingen zijn voor in de toekomst. De hoofdvraag is daarom:

‘Welke IOT-oplossingen en data gedreven technologieën kan Van Den Broek systemen gebruiken en welke wijze kan dit toegepast worden om hiermee predictive maintenance uit te voeren op hun beveiligingssystemen en elektrotechnische installaties?’

Dit project is relevant omdat - op basis van de resultaten die hieruit naar voren komen - een methode wordt gekozen om het onderhouden van beveiligings- en elektrotechnische installaties te voorspellen en hiermee lasten voor de klant te verminderen en technisch geschoold personeel op een productievere manier in te kunnen zetten.

Aan het begin van het project is kwalitatief onderzoek uitgevoerd, namelijk een onderzoek naar de huidige manier van onderhoud bij Van den Broek systemen doormiddel van observatie (meelopen met monteurs) en interviews. Om inzicht te krijgen wat er momenteel al bekend is over predictive maintenance, is een deskresearch uitgevoerd door andere wetenschappelijke artikelen te analyseren.

In hoofdstuk 1 wordt de resultaten gepresenteerd van het onderzoek naar onderhoud in de algemene zin, om vervolgens in hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 verder toe te spitsen op predictive maintenance in de specifieke markt waarin Van den Broek Systemen zich bevindt: beveiligingssystemen en elektrotechniek. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 de kwalitatieve onderzoeksresultaten gepresenteerd van de huidige werkwijze binnen Van den Broek systemen betreft service en onderzoek. Tot slot worden de resultaten gegeven van het onderzoek naar de toekomstvisie van predictive maintenance dat interessant kan zijn voor Van den Broek systemen. Concluderend op alle onderdelen van het onderzoek wordt de hoofdvraag beantwoordt en worden aanbevelingen gegeven voor het vervolg van het project.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 7 van 41

1. Wat is predictive maintenance?

In deze eerste deelvraag wordt er literatuuronderzoek gedaan als start van het onderzoek. Namelijk wat is precies predictive maintenance en waarom wordt deze methode toegepast in het onderhouden van de equipment. Als eerst worden de vijf meest toegepaste soorten onderhoud beschreven met hun voor- en nadelen en workflow. De namen die deze soorten onderhoud hebben zijn niet uniform en vaak worden er verschillende namen gebruikt voor het soort onderhoud. De meest gebruikte naam voor het soort onderhoud is gekozen. Vervolgens worden de verschillende soorten met elkaar vergelijken op verschillende eigenschappen. [\(Swanson, 2001\)](#) Tot slot wordt dieper ingegaan op predictive maintenance.

1.1. Soorten onderhoud

In de wereld van onderhoud wordt onderscheid gemaakt tussen soorten onderhoud. De soorten onderhoud worden toegelicht in de volgende deelhoofdstukken.

1.1.1. Reactief onderhoud

Reactief onderhoud is een methode waarbij pas onderhoud uitgevoerd wordt bij een defect aan het object. Hiermee kan het probleem bij de kern aangepakt worden en deze in de toekomst voorkomen worden. De workflow van reactief onderhoud is zeer eenvoudig uit te voeren voor onderhoudstechnici.

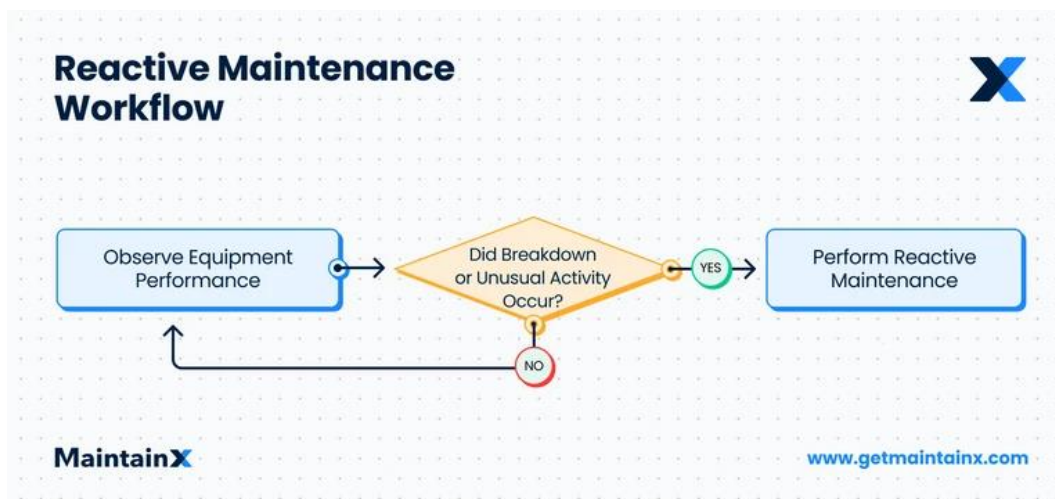


Figure 1: Workflow reactief onderhoud [\(MaintainX, 2022a\)](#)

Er zijn verschillende voordelen met betrekking op het toepassen van reactief onderhoud. [\(UpKeep, z.d.-c\)](#)

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 8 van 41

Voordelen:

- Geen tot weinig initiële kosten – Voor deze methode is weinig scholing vereist op het gebied van problemen detecteren.
- Enkel oplossen van geïdentificeerde problemen – Met deze methode worden geen onnodige preventieve activiteiten uitgevoerd, maar enkel naar het bekende probleem.

Nadelen:

- Verhoging van uitvaltijd – Wanneer een defect opgemerkt wordt, kan het lang duren voordat het defect opgelost kan worden. Dit kan als oorzaak hebben dat onderdelen besteld dienen te worden of er meer schade is toegebracht aan het object.
- Onvoorziene kosten – Bij het optreden van een groot defect, kunnen kosten voorkomen die niet voorzien zijn. Dit heeft als nadeel dat de onderhoudskosten hoger zijn dan een alternatieve onderhoudsmethode.
- Kortere levensduur – Door deze methode te kiezen kan een object een minder lange levensduur hebben en eerder afgeschreven is dan bij een alternatieve onderhoudsmethode.

1.1.2. Correctief onderhoud

Correctief onderhoud zorgt ervoor dat het object weer in goede staat wordt hersteld bij problemen en storingen. Wanneer deze problemen en storingen optreden wordt pas actie ondernomen, waardoor de systeembeschikbaarheid erg hoog is en er geen onnodige systeemonderbrekingen zijn. Echter is deze manier van onderhoud wel onvoorspelbaar en verminderd de veiligheid van het systeem. Tijdens onderhoud dient het defect opgemerkt te worden, om vervolgens dit direct op te lossen of op een later moment dit op te lossen. Het verschil met reactief onderhoud zit in de werking van het object. Bij reactief onderhoud is het object volledig defect, terwijl bij correctief onderhoud een (deel) defect ontdekt wordt tijdens onderhoudswerkzaamheden. In afbeelding 2 wordt deze workflow verder toegelicht.

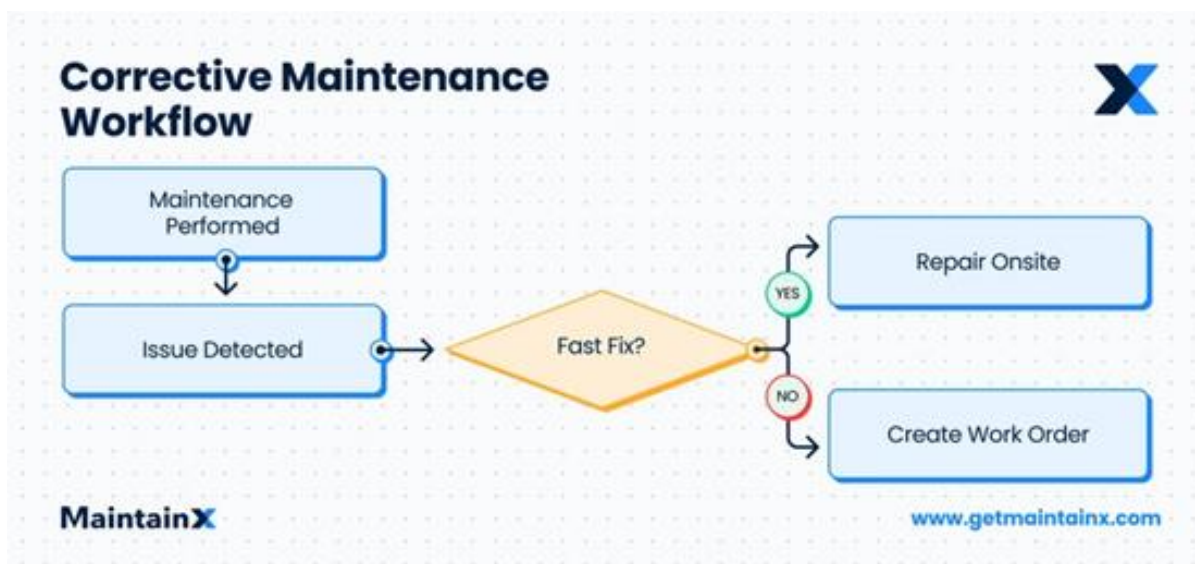


Figure 2: Workflow Correctief onderhoud (MaintainX, 2022a)

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 9 van 41

Er zijn verschillende voor- en nadelen met betrekking op het toepassen van correctief onderhoud.
Voordelen:

- Vermindering van serviceonderbrekingen – Door enkel onderhoud te plegen bij een storing of probleem aan een object worden minder serviceonderbrekingen toegepast.
- Verlenging van de levensduur van het object – Door pas actie te ondernemen bij een storing of probleem wordt de levensduur van het object gemaximaliseerd.
- Verhoogde besparingen - Door de anticiperen op actieve storingen en problemen, word de mogelijke uitvaltijd verlaagd tot een minimum.

Nadelen:

- Verhoogde onvoorspelbaarheid – Doordat het object alleen gerepareerd wordt bij storingen, is het object onvoorspelbaar hoelang onderdelen meegaan.
- Onderbreking van productie – Als een cruciaal object defect raakt, kan dit een volledige productielijn stil leggen. Dit leidt tot verhoogde uitvaltijden en onproductief personeel.
- Verkorte levensduur van machines – Door geen actieve zorg te dragen voor de machines, word de levensduur van de machine verkort. ([UpKeep, z.d.-b](#))

1.1.3. Preventief onderhoud

Preventief onderhoud is een onderhoudsmethode waarmee voorkomen wordt dat het object faalt, waardoor de gebruiker overlast ondervindt of gevaar loopt. Het onderhoud wordt uitgevoerd volgens een vooraf bepaald onderhoudsschema waarbij de werking van componenten gecontroleerd en/of getest wordt. Een onderhoudsschema kan op verschillende manieren vastgesteld worden:

- Periodiek – Elke periode dient onderhoud gepleegd te worden.
- Bereiken van bepaalde waarde – Bij een bepaald aantal draaiuren of cycli dient onderhoud gepleegd te worden.

Het verschil met correctief onderhoud is dat een slijtend deel in een eerder stadium vervangen wordt dan wanneer het al defect is. ([Preventive Maintenance, 2022](#)) In afbeelding 3 is te zien hoe een preventief onderhoudsplan eruit kan zien, dat op basis van tijd of aantal draaiuren bepaald wordt dat er onderhoud gepleegd dient te worden.

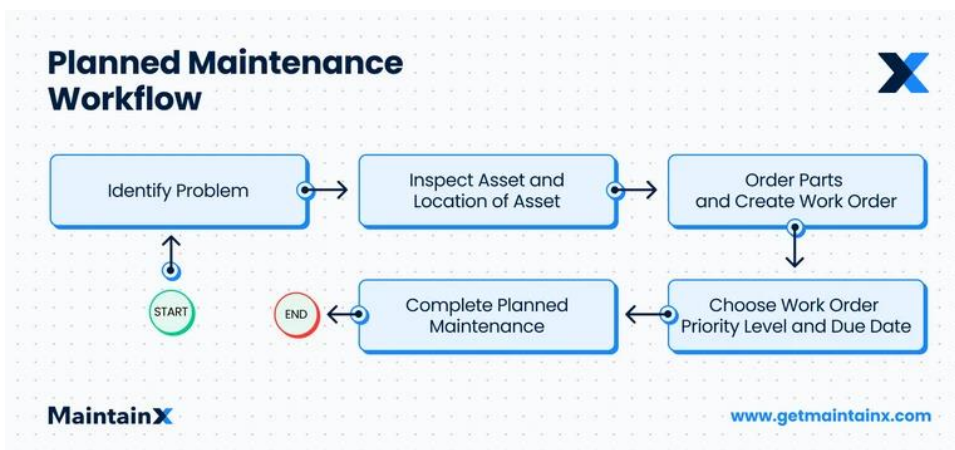


Figure 3: Workflow Preventive Maintenance ([MaintainX, 2022b](#))

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 10 van 41

Er zijn verschillende voor- en nadelen met betrekking op het toepassen van preventief onderhoud. ([UpKeep, z.d.-b](#))

Voordelen:

- Verlenging van de levensduur van het object – Actief zorgen voor de juiste zorg om zo de verwachte levensduur te behalen.
- Verhoogde veiligheid – Het object blijft in een goede staat, waardoor ongevallen en storingen voorkomen worden en de veiligheid daardoor verhoogd wordt.
- Verhoogde besparingen – Door de anticiperen op reparaties die nodig zijn in de nabije toekomst, word de mogelijke uitvaltijd verlaagd tot een minimum.

Nadelen:

- Kosten vooraf – Door de doorlopende investering in deze manier van onderhoud kan deze manier duurder zijn dan een alternatieve manier van onderhoud.
- Extra arbeid – Door deze doorlopende methode wordt voortdurend onderhoud uitgevoerd op objecten, waardoor er meer arbeidsuren nodig zijn.

1.1.4. Conditie-gebaseerd onderhoud

Conditie-gebaseerd onderhoud (Condition-based maintenance) is een methode die toegepast wordt door live de toestand van een object te bewaken, hierbij wordt inzichtelijk welk onderhoud er uitgevoerd moet worden. Wanneer de indicatoren onregelmatigheden of tekenen van afnemende prestaties vertonen, word tijdig onderhoud ingepland op dat specifieke object. In afbeelding 3 is te zien dat de workflow bij deze onderhoudsmethode iets meer handelingen nodig zijn: de (vaak) externe sensoren dienen geplaatst te worden bij in bedrijfsnamen van het object. ([MaintainX, 2022](#))

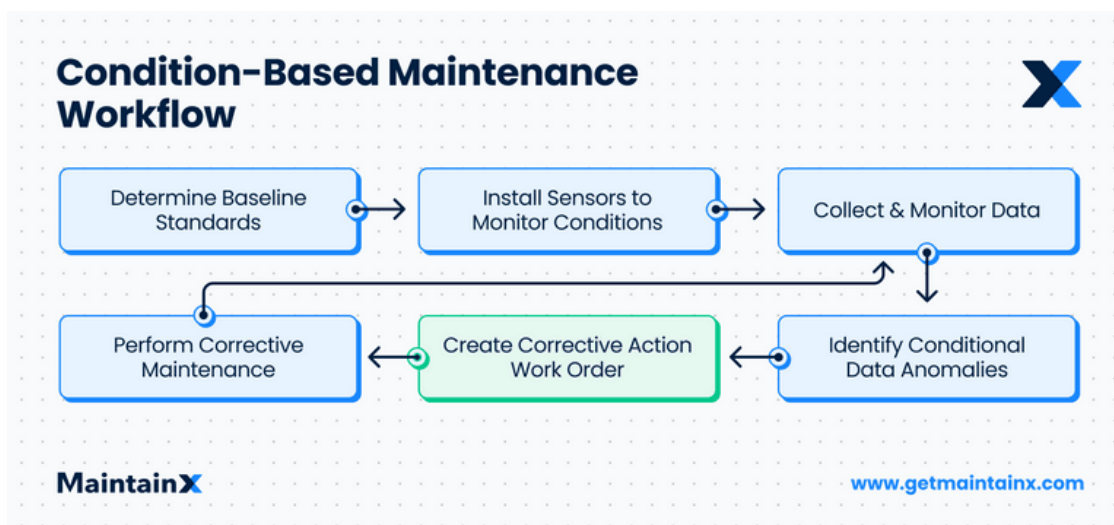


Figure 4: Workflow Conditie-gebaseerd onderhoud ([MaintainX, 2022](#))

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 11 van 41

Er zijn verschillende voordelen met betrekking op het toepassen van conditie-gebaseerd onderhoud. ([MaintainX, 2022](#))

Voordelen:

- Verbetering van de levensduur – Onderhoud wordt uitgevoerd wanneer gedetecteerd wordt wanneer de prestaties van het object verslechterd.
- Verlaagd de kosten – De kosten van het onderhoud wordt verlaagd, omdat het uitgevoerd wordt op basis van behoefte.
- Verlaging van uitvaltijd – Wanneer de verslechtering gedetecteerd wordt, kan onderhoud ingepland worden op een moment wanneer de productie stilligt.

Nadelen:

- Hoge initiële kosten – De systemen die nodig zijn voor het toepassen van conditie-gebaseerd onderhoud zijn duur om te installeren bij de inbedrijfname. Denk hierbij aan de hardware- en software kosten die het systeem met zich meebrengt. Daarnaast dient het onderhoudspersoneel bij- of omschoold te worden om te kunnen werken met de data die beschikbaar komt van de indicatoren.
- Verkeerde interpretatie – Bij het verkeerd interpreteren van de beschikbare data, kan een verkeerde beslissing genomen worden van onderhoud dat mogelijk nog niet nodig is.

1.1.5. Voorspellend onderhoud

Voorspellend onderhoud (predictive maintenance) wordt toegepast om te voorspellen wanneer onderhoud aan een object dient uitgevoerd te worden. Deze methode maakt deel uit van een grotere onderhoudsstrategie die rekening houdt met de kosten en baten van dit onderhoud.

De methode gebruikt data om te bepalen wanneer een object onderhoud nodig heeft, wat gedaan wordt door indicatoren die controleren op afwijkingen in hun prestaties. Deze data worden niet door een mens geanalyseerd zoals bij conditie-gebaseerd onderhoud, maar dit wordt bepaald door een algoritme.

De workflow van deze methode is iets uitgebreider doordat de voorbereiding meer taken vereist dan een alternatieve onderhoudsmethode.

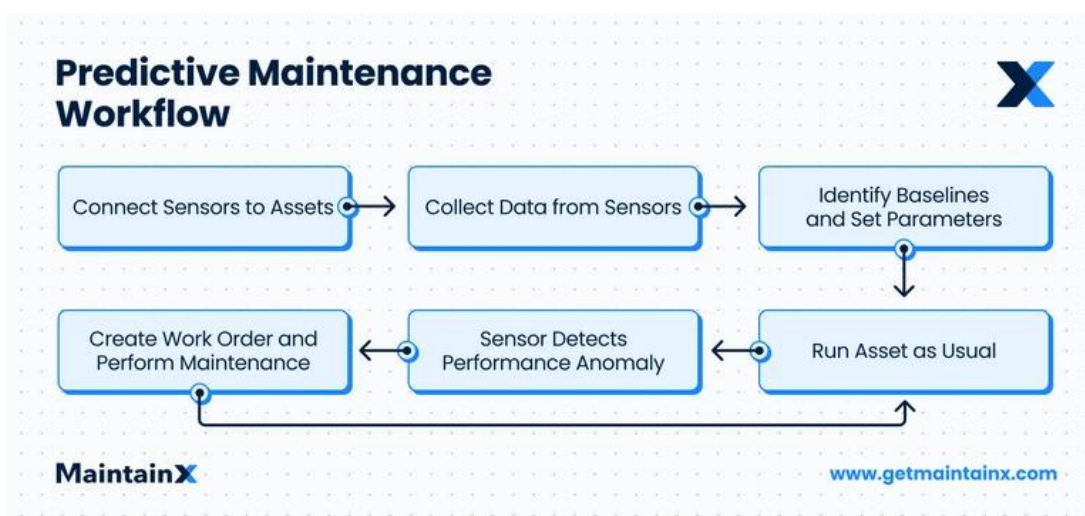


Figure 5: Workflow Voorspellend onderhoud ([MaintainX, 2022a](#))

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 12 van 41

Er zijn verschillende voordelen met betrekking op het toepassen van reactief onderhoud.

[\(ToolSense, 2022\)](#)

Voordelen:

- Voorkomen van potentiële problemen – Deze methode kan potentiële problemen voorkomen door op tijd verandering in prestatie te detecteren.
- Minder risico op uitval van objecten – Door deze methode kan het risico verlaagd worden van uitval van objecten, waardoor de uitvaltijd ook verlaagd wordt.
- Verminderd de behoefte aan reactief onderhoud – Door vooraf al te detecteren dat er in de toekomst een defect of storing optreedt, kan er eerder onderhoud gepleegd worden.

Nadelen:

- Grote hoeveelheid data nodig – Voor deze methode is een grote hoeveelheid data nodig voordat dit effectief ingezet kan worden en een alternatieve onderhoudsmethode vervalst.
- Hogere kosten – Doordat het veel tijd (dus geld) kosten om de gegevens te analyseren en hiervoor een algoritme te implementeren, zijn de kosten bij initiatie hoger dan alternatieve onderhoudsmethodieken.
- Niet altijd mogelijk – Het is niet met alle onderdelen van een object mogelijk om te detecteren of hiervan de prestatie verlaagd wordt, waardoor sommige functies – alsnog – kunnen falen.

1.2. Onderhoud vergelijking

Voor een bedrijf is vaak de kosten- en batenanalyse het belangrijkste in de afweging van een beslissing. Omdat een keuze maken in onderhoudsmethode veel impact kan hebben op de bedrijfsvoering, wordt dit in deze deelvraag verder toegelicht welke afwegingen gemaakt dienen te worden voor het selecteren van een onderhoudsmethode.

1.2.1. Kosten en Return on Investment (ROI)

De kosten per onderhoudsmethode kan uitgezet worden in twee richtingen: de kosten voor (extra) installatie en het managen van het systeem en verschillende besparingen (baten) zoals bijvoorbeeld reparatiekosten, verlaging van uitvaltijd van het systeem (betrouwbaarheid van systeem), brandstofkosten, levensduur van producten en minder afval.

Per onderhoudsmethode is in deelvraag 1.1 al een indicatie gegeven bij de voor- en nadelen waar de kosten- en baten liggen. Hiervan is in figuur 6 een grafische weergave van gemaakt.

Hierin is te zien dat het kantelpunt in de Return On Investment (ROI) te vinden is tussen preventief onderhoud en conditie-gebaseerd onderhoud, door de exponentiele stijging. Dit komt doordat vanaf conditie-gebaseerd onderhoud (vaak) extra sensoren geplaatst worden die relatief duur zijn en er extra geschoold personeel nodig is voor analyse van de sensordata. [\(Hanly, z.d.\)](#)

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 13 van 41

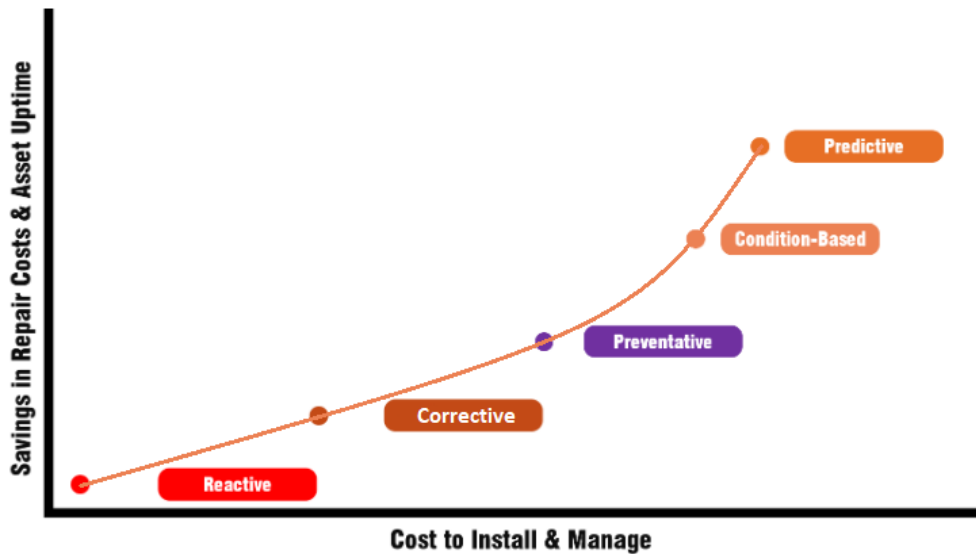


Figure 6: Kosten en baten per onderhoudsmethode, grafische weergave (Hanly, z.d.)

1.2.2. Belang en complexiteit van het systeem

Het is belangrijk om het belang en de complexiteit van het systeem te positioneren. Hiermee kunnen de verschillende onderhoudsmethodieken uitgezet worden in een zogenoemde positioneringsmatrix. In het gebruik van de positioneringsmatrix verdeeld worden op basis van systeembelang en systeemcomplexiteit.

In deze matrix is te zien dat hier ook het kantelpunt ligt tussen preventief en conditie-gebaseerd onderhoud. Verder geeft deze bron weer dat voorspellend onderhoud enkel voor systemen met een hoge complexiteit en een grote kritische beschikbaarheid, waardoor het systeem van groot belang is.

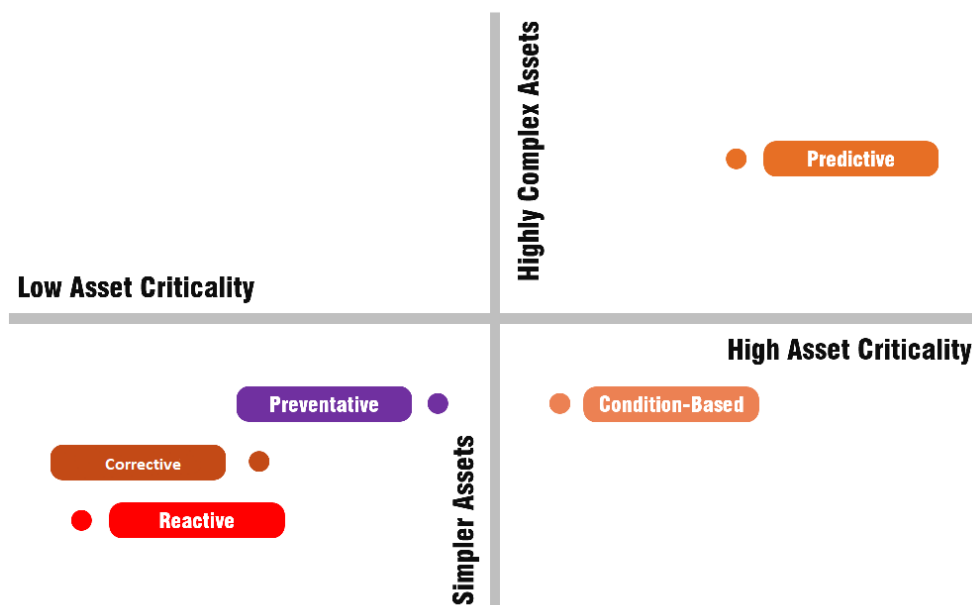


Figure 7: Positioneringsmatrix (Hanly, z.d.)

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 14 van 41

2. Welke predictive maintenance methodieken en technologieën worden momenteel bij elektrotechnische installaties toegepast?

In dit hoofdstuk worden de algemene methodieken en technologieën van elektrotechnische installaties die momenteel al toegepast worden onderzocht, met hierbij concrete voorbeelden. Per deelonderwerp wordt een methode of technologie onderzocht en uitgelegd.

2.1. Digital Model

Een digital model is een ontwerp- en productieproces dat een weergave is van een werkelijk product. Doormiddel van een CAD-tekening (Computer-Aided Design) wordt het model vormgegeven. Het doel van een digital model is het in staat stellen van ontwerpers om fysieke modellen in een digitale wereld te maken, om zo het succes van een 2D-ontwerp te kunnen kwalificeren. Een digital model wordt momenteel al in veel sectoren gebruikt: Industrie, Architectuur, medici en productie. Een digital model wordt gedurende de volledige levensduur van het ontworpen product aangepast en bijgewerkt bij veranderingen.

Het model heeft geen verbinding met de werkelijke wereld, waardoor een verandering in de CAD-tekening of in de werkelijke installatie fysiek veranderd dient te worden. Er is dus geen koppeling tussen de tekening en de werkelijke wereld. Er kan wel gewenste data handmatig toegevoegd worden aan de CAD-tekening. Bijvoorbeeld een warehouse waar de orders van de volgende dag ingezet worden, om vervolgens de knelpunten te detecteren. ([Digital model, digital shadow, or digital twin – what is at the core of data-driven shipbuilding?, z.d.](#))

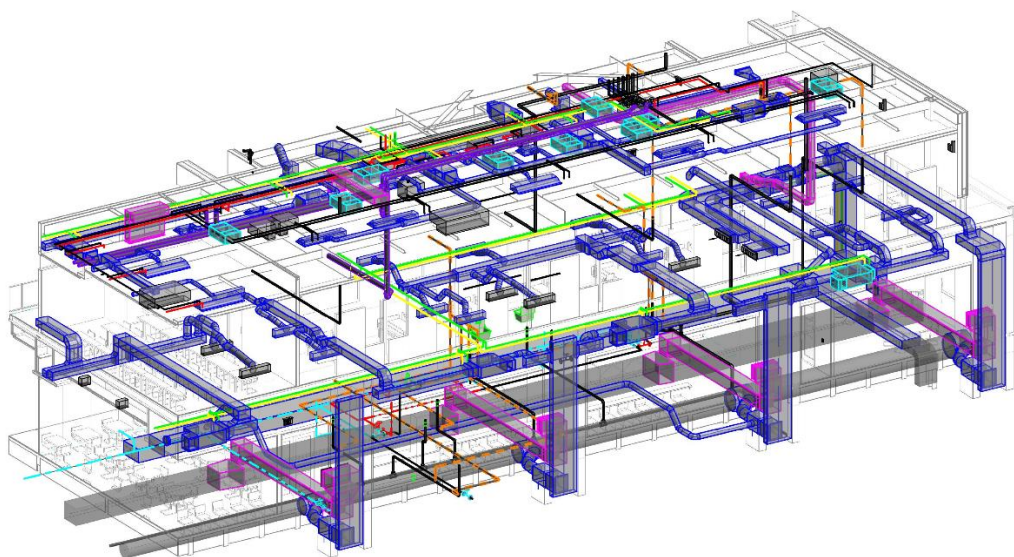


Figure 8: Building Information Modeling (BIM) is een voorbeeld van een digital model. ([Building Information Modeling, 2016](#))

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 15 van 41

2.2. Digital Shadow

Een digital shadow is een digitaal model van het werkelijke product. Een digital shadow is vergelijkbaar met een digital model, alleen is het handmatig invoeren van de gewenste data niet meer nodig. Hiervoor is een koppeling tussen het fysieke object en het digitale model gekomen, om zo real-time data in het model te visualiseren. Hierdoor kan (op afstand) continue ingezien worden wat er speelt bij het object en geeft het trends en prestaties weer. Hierdoor draagt een verandering in het fysieke object bij aan een verandering in het digitale object, maar niet andersom. ([Bergs et al., 2021](#))

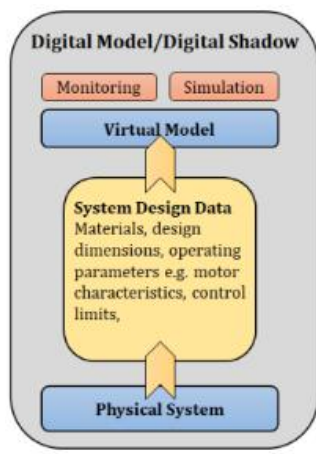


Figure 9: Workflow Digital Shadow ([Kritzinger et al., 2018](#))

2.3. Digital Twin

Een digital twin is het derde niveau van het digitaliseren van een fysiek object. Het verschil tussen een digital twin en digital shadow is de terugkoppeling van het digitale model naar het fysieke object. Met een digital twin is het mogelijk om de real-time data te ontsluiten afkomstig van het fysieke object, om doormiddel van een algoritme te bepalen of het object de gewenste prestatie levert. Wanneer deze prestatie niet voldoende is, kan de digital twin ook het object besturen, om zo de prestatie te verbeteren naar wens. Dit betekent dus dat bij een digital twin beide koppelingen (object > model en model > object) geautomatiseerd is. ([Bergs et al., 2021](#))

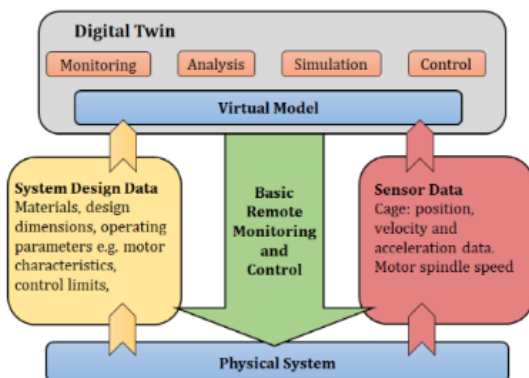


Figure 10: Workflow Digital Twin ([Kritzinger et al., 2018](#))

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 16 van 41

2.4. Conclusie

Concluderend zijn de digitaliseringsmethoden in de elektrotechniek opgedeeld in drie onderdelen: Digital model, digital shadow en digital twin. Het verschil tussen deze modellen zit in de koppeling tussen het digitale- en fysieke object. Bij een digital model is er geen koppeling tussen de objecten. Wanneer er data toegevoegd dient te worden, moet dit handmatig gebeuren. Bij een digital shadow kan real-time data – afkomstig van het fysieke object - toegevoegd worden aan het digitale object. Echter heeft een digital shadow geen terugkoppeling richting het fysieke object wanneer er afwijkende metingen gedaan worden. Een digital twin is wel volledig autonoom: de real-time data worden ontsloten vanuit het fysieke object, om vervolgens door het digitale object te bepalen of de metingen op het goede niveau zitten.

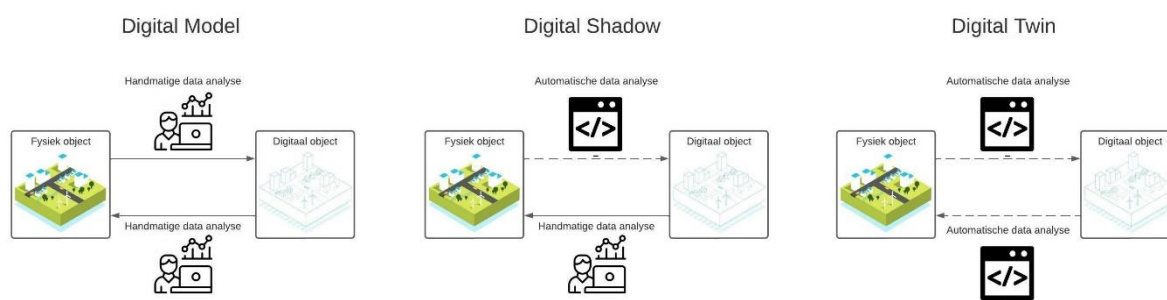


Figure 11: Verschil in data-analyse bij de drie verschillende modellen

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 17 van 41

3. Welke predictive maintenance methodieken en technologieën worden in de beveiligingssystemen momenteel al toegepast?

In dit hoofdstuk wordt onderzocht welke methodieken en technologieën momenteel al toegepast worden in de algemene branche van de beveiligingssystemen op het gebied van predictive maintenance. Dit is opgedeeld in onderzoek in de verschillende onderdelen van de beveiligingssystemen. Hierbij is gebruik gemaakt van literatuur- en kwalitatief onderzoek.

3.1. Brandbeveiliging

Tijdens een gesprek met een werknemer is de toepassing van predictive maintenance besproken voor de brandmeldinstallatie. Hierbij is gekeken naar de huidige manier van werken met betrekking tot het onderhoud. Binnen Van den Broek systemen zijn er verschillende onderdelen waarvoor zij onderhoud en service aanbieden. Binnen de brandbeveiliging is dit hier grofweg een onderscheid te maken tussen brandmeldinstallatie en ontruimingsalarminstallatie. Waarbij er voor de brandmeldinstallatie ook kwalitatief onderzoek is verricht, is er bij de ontruimingsinstallatie enkel literatuuronderzoek gedaan.

3.1.1. Brandmeldinstallatie

Een brandmeldinstallatie dient ervoor om in een zo vroeg mogelijk stadium een brand waar te nemen. Of een brandmeldinstallatie verplicht is hangt af van het gebruik en het type onderneming ([Magazine, 2021](#)). Het detecteren van de brand kan met verschillende technieken, denk hierbij aan brandmelders die rook (optisch) en warmte (thermisch) of straling (infrarood, straling, UV) detecteren maar ook door lijnmelders, aspiratiedetectie-systemen en handbrandmelders. De meeste van deze meetinstrumenten detecteren de brand automatisch, waardoor ze een signaal doorsturen richting de brandmeldinstallatie. Afhankelijk van welke (ontruiming) installatie verder aanwezig is, worden vervolgstappen gezet. De installatie van de brandmeldinstallatie moet gebeuren volgens NEN2535 wetgeving.

Deze brandmeldinstallaties hebben periodiek verplicht onderhoud gepland staan, hierbij worden vooraf vastgestelde aspecten gecontroleerd en vastgelegd. Het onderhoud aan deze brandmeldinstallaties moet voldaan worden aan NEN 2645-1 wetgeving. Dit komt het risico ten goede, zo is er periodiek waargenomen dat het systeem op dat moment naar behoren werkzaam is (of niet). Hierbij komt dus service en onderhoud kijken, en op het gebied hiervan spelen er al methodieken en technologieën met betrekking tot predictive maintenance. Dit is dan ook aangehaald tijdens het interview over de brandbeveiliging.

Hierbij zijn de twee systemen besproken waar Van den Broek systemen op dit moment mee in de testfase zit. Dit betreft de systemen van Siemens en Hertek, beide leveranciers van brandbeveiligingscomponenten. Zij bieden beide een systeem aan waarbij remote ingelogd kan worden om de status van de installatie te bekijken. Hierbij kan er in een overzicht gezien worden of er storingen zijn of dat er bepaalde componenten uitgeschakeld zijn. Hiermee kan ook op afstand bekeken worden of het om een echte brandmelding gaat, of dat er een uitschakeling is en dat het dus waarschijnlijk om een test gaat.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 18 van 41

State	Element	Event type	Date Time	Event Text	In/Out
✓	Pull 1:2-6*7 Main Lobby	Alarm	11/19/21 2:43:01 PM EST	Alarm causing input	IN
✓	Smoke 1:2-3 OP921@address 2:3	Trouble	11/19/21 2:42:59 PM EST	Not Responding	OUT
✓	Smoke 1:2-3 OP921@address 2:3	Trouble	11/19/21 2:42:52 PM EST	Not Responding	IN

Figure 12: Overzicht van huidige status systeem, binnen Cerberus portal [\(Siemens, 2022\)](#)

Daarnaast is het bij de meeste assets mogelijk om het batterij percentage en de vervuilingsgraad af te lezen, waardoor duidelijk wordt of de component aan vervanging toe is. Hierdoor wordt het mogelijk gemaakt om een onderhoud testplan te maken, waarmee er over de loop van de verplichtte twee jaar de gehele installatie gecontroleerd wordt.

Het digitaal monitoren van de status kan tegenwoordig doordat Disturbing Free Testing (DFT) technologie beschikbaar is. Dit zijn brandmelders die zichzelf testen, waardoor deze werkzaamheden niet meer uitgevoerd hoeft te worden. Hierdoor kan een storingsvrije detectie uitgevoerd worden, onder verschillende omstandigheden. Dit is een goede uitkomst omdat deze brandmelders ook te programmeren zijn, waardoor ze in allerlei verschillende ruimtes in te zetten zijn. Een groot voordeel aan deze melders is dat er regelmatig ongestoord getest wordt, waardoor de betrouwbaarheid van de componenten hoog blijft.

Naast het feit dat DFT gebeurt zonder dat er een fysiek persoon aanwezig hoeft te zijn, zijn er wel nog verplichtingen aan de maandelijkse en jaarlijkse controles. Dit omdat er ook visuele controles uitgevoerd moeten worden. Het DFT testen kan dus gezien worden als ondersteuning/aanvulling op de huidige manier van inspecteren en testen. Hier zijn ook verschillende voordelen aan verbonden, zoals dat er minder personeel op locatie nodig is.

Ondanks dat het bij deze technologie mogelijk is om op afstand controles uit te voeren, is het bij de gecertificeerde systemen alsnog verplicht om een opgeleid persoon (OP) te hebben ([Uw Beheerder Brandmeldinstallatie, 2018](#)). Deze OP'er is verantwoordelijk voor het beheer van de brandmelding- en ontruimingsinstallatie. De beheerder van deze installaties is dan namens de eigenaar of de eindgebruiker verantwoordelijk voor de brandmelding- en ontruimingsinstallatie. De beheerder voert, als in het contract afgesproken, de maandelijkse, vier- & acht maandelijkse controles uit. En houdt hier ook een logboek over bij.

Tijdens het beheren van de brandmeld- en ontruimingsinstallatie is het wel toegestaan om de OP'er extern in te huren maar ook een interne medewerker mag OP'er zijn. Hierbij is het wel van belang dat de documentatie van de bevindingen/controle goed vastgelegd worden, deze zijn belangrijk voor de aansprakelijkheid. Hierbij is het dus niet van belang wie de test heeft uitgevoerd, als deze tenminste is uitgevoerd door een erkend OP'er. De wetgever stimuleert het echter niet om deze verantwoordelijkheid uit te besteden, maar het desondanks wel toegestaan.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 19 van 41

Type	Address	Omschrijving	Model	Last tested	Next due test
	1		FDM221	31-03-2022	31-03-2023 (Due in 357 days)
	1		FDM221	Not tested	N/A
	1		FDM221	01-04-2022	01-04-2023 (Due in 358 days)
	2		OH720	Not tested	N/A
	2		OH720	31-03-2022	31-03-2023 (Due in 357 days)

Figure 13: Disturbing Free Testing overzicht binnen Cerberus [\(Voorlichting DFT, Siemens, 2022\)](#)

3.2. Condition based maintenance

Condition based monitoring werkt doormiddel van sensoren. Dit maakt het mogelijk om de huidige toestand van de asset te monitoren, data om te zetten om zo inzicht te krijgen in prestatieverlies en veranderingen. Dit leidt er uiteindelijk toe dat het mogelijk is om onderhoud te plegen als er afname is van de prestaties van de asset. CBM is dus een onderhoudsstrategie die de werkelijke toestand van een asset monitort, om zo te bepalen welk onderhoud er uitgevoerd moet worden. Aan deze methode, zijn veel verschillende voordelen verbonden. Deze voordelen staan eerder in het rapport uitgelegd, bij hoofdstuk 1.1.4. De conditie kan beoordeeld worden doormiddel van visuele inspecties, sensoren en andere metingen.

Bij de soorten sensoren kan gedacht worden aan: het meten van een stroomverloop, vervuilingsgraad en luchtkwaliteit. Bij deze slimme sensoren kan een waarde ingevoerd worden of deze is standaard ingesteld waarop deze een signaal verstuurd naar een generiek apparaat. Dit zorgt ervoor dat er vroegtijdig ingespeeld kan worden op deze verandering. Hierdoor wordt het mogelijk om vooraf in te loggen, te kijken wat er speelt binnen het betreffende systeem en hier vroegtijdig op te anticiperen en eventueel te herstellen.

TYPES OF CONDITION-BASED MAINTENANCE



Figure 14: Verschillende types van CBM [\(Innovapptive.com, 2022\)](#)

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 20 van 41

Zoals in de afbeelding hierboven te zien zijn er binnen het conditie gebaseerde onderhoud veel verschillende types waarop dit gebaseerd kan worden. Denk hierbij aan trilling analyse, infrarood thermografie, ultrasone analyse, olie-analyse, elektrische analyse en druk analyse.

3.2.1.1. *Trilling analyse*

Binnen veel machines en producten komen trillingen voor. Dit kan verschillende oorzaken hebben, door bijvoorbeeld de omgeving waarin deze producten geplaatst zijn of door een roterende machine. Wanneer deze trillingen te heftig worden kan dit tot veel schade aan de apparatuur leiden, welke weer onveilige situaties tot zijn gevolg kan hebben.

Door over een bepaalde tijd de trillingen van de machine of het apparaat te meten en daarna te analyseren is het mogelijk om te zien wanneer de trillingen toenemen. Door dit over een langere periode bij te houden wordt het mogelijk om aan te geven wanneer en welke onderdelen er vervangen moeten worden. Een nadeel van trilling analyse is dat het erg specialistisch is en daarnaast veel ervaring vereist, dit maakt het geen ideaal meetinstrument.

3.2.1.2. *IR-thermografie*

Via warmte-metingen middel infrarood-thermografie is het mogelijk om inzichtelijk te krijgen wat de conditie van een machine of product is. Wanneer er wrijving ontstaat binnen de machine of het product kan er warmte ontstaan. Daarnaast is het ook mogelijk om straling te meten, dit kan bijvoorbeeld met warmtebeeldcamera. Hierdoor wordt het mogelijk om de mechanische maar ook elektrische toestand te monitoren. Denk hierbij aan het vloeistof niveau controleren, vuurvaste isolatie bekijken, lagers etc. Door met IR-thermografie te meten, kan er uiteindelijk aangegeven worden welke onderdelen er buiten gestelde grenzen gaan en dus vervangen moeten worden.

3.2.1.3. *Ultrasone analyse*

Bij ultrasone analyse wordt er gebruikt gemaakt van ultrasone geluidsfrequenties om fouten in de apparatuur waar te nemen. Hierbij worden er onhoorbare of on-detecteerbare verschijnselen waargenomen, waar andere meetinstrumenten dit niet waarnemen. Dit meetinstrument wordt bijvoorbeeld gebruikt als contactmethode om mechanische storingen waar te nemen en bijvoorbeeld als contactloze methode om druklekken op persgassystemen te identificeren. Maar ook boogvorming, geleiding, schakelapparatuur, transformatoren en stroomonderbrekers zijn voorbeelden van ultrasone analyse.

3.2.1.4. *Olie-analyse*

De olie analyse is erg belangrijk binnen processen waarin machines een grote rol spelen. Hierbij is de verhouding tussen olie en machine belangrijk voor de kwaliteit en levensduur van de machines. Via dit meetinstrument wordt er duidelijk of alle aspecten rondom de olie nog naar verwachting zijn. Denk hierbij aan voldoende kwaliteit van de olie, viscositeit, vervuilingsgraad, hoeveelheid etc.

3.2.1.5. *Elektrische analyse*

Via elektrische analyse is het mogelijk om veel inzicht te krijgen over de conditie van apparaten of machines. De meeste hiervan werken met stroom, waardoor deze factor een belangrijk onderdeel is voor het product. Via sensoren en meetinstrumenten kun je dus de inkomende stroomkwaliteit meten. Met deze cijfers of zelfs data is het mogelijk om de sturing van het onderhoud af te stemmen op de gemeten waarde. Wanneer je bijvoorbeeld meet dat de batterij van het product minder stroom levert of ontvangt dan voorheen, kan dit bijvoorbeeld een teken zijn dat de batterij (bijna) aan vervanging toe is. Dit wordt gebaseerd op fluctuaties in de levering van de elektriciteit.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 21 van 41

3.2.1.6. *Druk analyse*

Bij drukanalyse is het mogelijk om constant drukniveaus in real-time van bijvoorbeeld vloeistof, gas of lucht te meten. Door dit constant te meten is het mogelijk om waarschuwingen in te stellen wanneer er dalingen of pieken ontstaan, hierdoor kan er gereageerd worden op deze waarneming.

3.2.1.7. *Prestatie analyse*

Voor prestaties te meten, wordt er meestal gebruik gemaakt van visuele en digitale waarnemingen, geuren of geluiden. Denk hierbij aan het controleren van apparaten, activa of machines. Hierbij kunnen bijvoorbeeld de resultaten gemeten worden en aan de hand van analyse een actie ondernomen worden. Wanneer er dan onverwachte resultaten waargenomen worden, kan hier op gereageerd worden. Bij visuele inspecties duurt het vaak even voordat de problemen zichtbaar zijn, wanneer hier (digitale) sensoren of meetinstrumenten voor gebruikt worden zijn deze waardes ook direct waar te nemen. Waardoor er beter op de prestatie te sturen is.

Bovenstaand zijn alle meetinstrumenten die condition based maintenance met zich meebrengt uitgelegd. Deze zijn breed inzetbaar in combinatie met predictive maintenance. Echter bij de brandmeldinstallaties wordt momenteel alleen gebruik gemaakt van de prestatie analyse. Denk hierbij aan het monitoren van het batterijpercentage, het meten van de doormeldingen of het controleren van de vervuilingsgraad.

3.3. *Ontruimingsinstallatie*

Of een brandmeldinstallatie verplicht is hangt af van het type bedrijf, dit geldt hetzelfde voor de ontruiming installatie ([Huisman, 2022](#)). Waarbij een brandmeldinstallatie het doel heeft op een brand zo vroeg mogelijk te detecteren, en hiervan signalen door te sturen naar onder bijvoorbeeld een ontruimingsalarmsysteem, lift of blusinstallaties. Heeft een ontruimingsinstallatie juist het doel om bij brand een snelle maar ordelijke ontruiming plaats te laten vinden. Bij veel brandmeldinstallaties is deze ontruimingsinstallatie geïntegreerd. Maar dit is niet bij ieder bedrijf, omdat het per type verschillend is of een brandmeldinstallatie verplicht is.

Een ontruimingsinstallatie werkt bijvoorbeeld met sirenes, speaker of gesproken bericht. Hierin is ook een onderscheid te maken. Zo is een ontruimingsinstallatie met luidsprekers (gesproken woord) bijvoorbeeld type A. Dit type werkt altijd samen met de BMI (brandmeldinstallatie), middels een signaal. Door een type A in te zetten verloopt de ontruiming in de meeste gevallen rustiger. Een type B ontruimingsinstallatie is gecombineerd of geïntegreerd met een brandmeldinstallatie, bij de meeste is deze geïntegreerd. Bij het type B ontruimingsinstallatie wordt het signaal gegenereerd met een “slow whoop”.

Een ontruimingsinstallatie kan ook als autonoom systeem geïnstalleerd zijn, welke regelmatig gecontroleerd dient te worden op correcte werking. Hiervoor zijn bepaalde eisen voorgeschreven, NEN-norm 2575, evenals bij de brandmeldinstallatie. Ook voor de ontruimingsinstallatie zijn er al ontwikkelingen op het gebied van predictive maintenance. Zo heeft Siemens ook hier een digitaal systeem voor, genaamd Cerberus PACE. Een oplossing voor omroepen en ontruimingsalarmering, die geïntegreerd kan worden met het brandbeveiligingssysteem. Doordat Cerberus PACE over speciale configuratiesoftware beschikt is het mogelijk om real-time engineering te doen. Dit houdt in dat het systeem niet stil gelegd hoeft te worden voor onderhoud of wijziging in het systeem. En daarnaast is het, net zoals bij Cerberus PRO, om toegang op afstand te hebben.

Net zoals bij de conventionele ontruimingsinstallatie is er een onderscheid te maken tussen type A en type B. Hierbij kan Cerberus PACE meer als type A gezien worden en Cerberus PRO voor type B.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 22 van 41

Zo heeft Cerberus PACE een omroepfunctie, vooraf opgenomen evacuatieberichten, live-berichten van de brandweer voor een gecontroleerde evacuatie en zelfs een hoogwaardig audiosysteem. Hiermee heeft dit systeem dus de kenmerken van een ontruimingsinstallatie type A. Cerberus PACE kan dus omschreven worden als een Public Adres (PA)/ Voice Alarm (VA)-systeem. Als er naar Cerberus PRO wordt gekeken, is er te zien dat er binnen dit systeem brandalarmapparaten te vinden zijn. Deze zijn verbonden met de brandmelder detectoren. Deze alarmapparaten zijn er in verschillende uitvoeringen, bijvoorbeeld met licht en geluid of alleen geluid. De kenmerken hiervan zijn dus meer gericht op het type B.











ONTRUIMINGSINSTALLATIE VS BRANDMELDINSTALLATIE WAT IS HET VERSCHIL?		
	ONTRUIMINGSINSTALLATIE	BRANDMELDINSTALLATIE
FUNCTIE	 Dit systeem moet er door middel van een signaal voor zorgen dat iedereen het gebouw zo snel mogelijk, maar op georganiseerde wijze, kan verlaten.	 Dit systeem is erop ingesteld om brand te detecteren en eventueel een melding te sturen naar de meldkamer en een blussysteem. Ook zorgt het altijd dat het ontruimingsalarm in werking treedt.
ACTIVATIE	 Door middel van een handmelder wordt het systeem geactiveerd.	 Optische en thermische rookmelders activeren het systeem automatisch. Daarnaast zijn er vrijwel altijd handmelders, behalve bij ruimtebewaking en objectbewaking.
INSTALLATIE	 Een ontruimingsinstallatie moet gekoppeld worden aan de brandmeldinstallatie, om chaotische ontruiming te voorkomen.	 Sinds het Bouwbesluit van 2012 is CCV-certificering niet meer verplicht voor installatie. Wel wordt dit alsnog door veel opdrachtgevers geëist. Ook ben je als gebruiker van een brandmeldinstallatie tegenwoordig verplicht om een vluchtplan te hebben.
VARIATIE	 Het systeem kan werken met een slow-whoop signaal, gesproken woord of stil alarm.	 De verschillende bewakingsvormen zijn volledige bewaking, gedeeltelijke bewaking, ruimtebewaking, niet-automatische bewaking en objectbewaking.
ONDERHOUD	 Jaarlijks moet de onderhoudskundige onder meer de ontruimings-signaalgevers, doormeldapparatuur, commandomicrofoon en personenzoekinstallaties controleren, meten en zo nodig reinigen en opnieuw inregelen volgens de voorschriften (NEN2654-2).	 De periodieke werkzaamheden van de onderhoudskundige omvat (onder andere) het controleren, meten en zo nodig reinigen en bijregelen van doormeldapparatuur voor brandmeldingen, automatische brandmelders, de energievoorziening en de klemmenkasten (NEN2654-1).

Figure 15: Verschil tussen ontruimings- en brandmeldinstallatie

3.4. Inbraakbeveiliging

Evenals bij brandbeveiliging is het bij inbraakbeveiliging ook mogelijk om predictive maintenance toe te passen. Hierbij komen ook een aantal factoren en werkzaamheden bij kijken. Zo moeten de beveiligingscomponenten natuurlijk met sensoren uitgerust zijn, en ook met de juiste hardware om deze data door te sturen of de mogelijkheid om deze uit te lezen.

Zoals bij de meeste toepassingen van predictive maintenance zijn er vele voordelen aan verbonden, zo ook bij inbraakbeveiliging. Zo is een langere levensduur van de elektronische apparatuur mogelijk, een optimale werking van het systeem, continue beveiliging, minder offline, minder defecten componenten.

De voordelen kunnen op verschillende manieren en situaties ervaren worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de minimale levensduur van een beveiligingscamera, deze mag verwacht worden op 5 tot 10 jaar. Door tijdig het onderhoud uit te voeren kan een langere levensduur bereikt worden. Wanneer het systeem niet werkt volgens behoeven, zoals een defecte camera of een

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 23 van 41

opslagapparaat wat een storing heeft, kunnen er cruciale momenten gemist worden. Daarnaast zijn er ook beveiligingscamera's welke werken volgens bewegingsdetectie, wanneer de sensor hiervan stuk is werkt de beveiliging ook niet. Al deze voordelen binnen inbraakbeveiliging kunnen bereikt worden met het actief toepassen van predictive maintenance.

Daarnaast kan het systeem ook een storing hebben, waardoor er niet opgenomen wordt of de camera niet werkt. De werking van de beveiligingscamera kan ook gecontroleerd worden door te bekijken of er beeld te zien is. Doordat het systeem offline is, kan de veiligheid van het betreffende pand of object ook niet gewaarborgd worden. Door dit onderhoud precies op tijd uit te voeren is het risico op uitval ook vermindert, waardoor grotere problemen voorkomen kunnen worden. Hierdoor is er ook een positief effect op bijvoorbeeld de kosten. Het vervangen of repareren van componenten zal aannemelijk goedkoper zijn dan de kosten die gemaakt zullen worden als gevolg van uitval of defect van het systeem.

Om predictive maintenance toe te kunnen passen binnen de inbraakbeveiliging, zijn er een aantal factoren van belang. Zo zijn er bepaalde componenten die fysiek geïnspecteerd moeten worden, maar er zijn ook componenten/ waardes die digitaal gecontroleerd kunnen worden. Zoals losgeraakte draden, deze zullen fysiek waargenomen moeten worden. Maar de voeding kan digitaal gemeten worden, dit door een sensor tussen de voeding en de betreffende camera te plaatsen. Hierdoor wordt het mogelijk om deze waardes uit te lezen, en zo te analyseren. Hierbij zijn vooral de sensoren een belangrijk component, omdat deze het mogelijk maken om desbetreffende data uit te lezen. Hierdoor is het mogelijk om aan de hand van bepaalde waardes onderhoud te plannen of uit te voeren. Daarnaast is het (meestal) ook mogelijk om de beschikbaarheid en/of integriteit van de opslagapparatuur te controleren. En het controleren van de software en hardware van het inbraaksysteem is vaak ook digitaal mogelijk. Wanneer deze niet correct werkt geeft deze meestal een storing aan.

3.5. Noodverlichting

Binnen het onderdeel noodverlichting zijn de ontwikkelingen op gebied van predictive maintenance ook al zover dat het hierbij mogelijk is om real-time data over de asset bij te houden. Dit kan via diverse systemen al, waardoor de integratie van de betreffende systemen binnen een gebouw eenvoudiger is.

Doordat noodverlichting en wegwijzerborden pas echt in werking gaan wanneer de conventionele verlichting het niet meer doet, hebben deze een onafhankelijke voedingsbron. Dit wil zeggen dat de componenten een eigen energievoorziening hebben. Wanneer de normale netspanning wegvalt, dan gaat de noodverlichting aan, via centrale of decentrale sturing. De opbouw en de aanleg van de noodverlichting moet gebeuren volgens NEN-EN 50171 ([Haan, z.d.](#)).

Doordat de functionaliteit van noodverlichting een hoge noodzaak heeft, is het belangrijk dat alles in orde en werkend is. Hierdoor is onderhoud en vervanging van componenten tijdig nodig, dit komt de betrouwbaarheid en de kwaliteit van de noodverlichting ten goede. Daarnaast is het onderhoud aan de noodverlichtingsinstallatie wettelijk verplicht, hierbij moet het onderhoud aan de norm NEN-EN 50172 voldoen. Voor deze installaties zijn er ook monitoringsystemen beschikbaar, deze verzamelen data en geven melding wanneer iets niet functioneert zoals gewenst of als deze op termijn minder zal gaan functioneren. Dit maakt het mogelijk om storingen of defecten snel of vooraf op te kunnen lossen. Bij dit onderdeel kan dus ook condition based maintenance uitgevoerd worden, dit omdat het mogelijk is om real-time informatie over de componenten uit te lezen en op basis hiervan het

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 24 van 41

onderhoud of de service aan te sturen of te plannen. Dit zorgt ervoor dat er geen defecten of uitschakelingen in het systeem gevonden worden, waardoor de betrouwbaarheid gegarandeerd kan worden.

Een concreet voorbeeld hiervan is de verlichting van ABB, zij hebben hier diverse systemen voor. Een hiervan is gecombineerd met de DALI noodverlichting ([ABB](#), z.d.). Door de monitoring van het systeem is het mogelijk om dag en nacht inzicht in het gebouw te hebben. Het systeem monitort de gehele werking, slaat rapporten op, en kijkt naar de functionaliteit. Dit komt de veiligheid van het gebouw ten goede, en scheelt onderhoudskosten. Het monitoren gebeurt bijvoorbeeld door het in de gaten houden van de lichtbron en de batterij ervan.

3.6. Conclusie

Concluderend zijn er in de beveiligingssystemen al verschillende methodieken en technologieën om predictive maintenance uit te voeren. In het onderdeel brandbeveiliging zijn hier de meeste ontwikkelingen in, en daarom ook al toegepast in de praktijk. Van de overige onderdelen zijn er ook praktijkvoorbeelden, echter zijn de ontwikkelingen hier niet zo bekend van als bij brandbeveiliging.

Deze onderdelen maken hierbij vooral gebruik van data om zo de condition based maintenance methode toe te passen. Hierbij wordt op basis van real-time data de conditie van een bepaald component of het gehele systeem bijgehouden, en dat maakt sturing mogelijk. Deze sturing kan gezien worden als onderhoud of als service. Zo maakt condition based maintenance het mogelijk om allerlei soorten data uit te lezen, wat ook weer voor andere vervolgstappen zorgt. Binnen condition based maintenance wordt er dus veelzijdig gebruik gemaakt van data, deze wordt verkregen via verschillende indicatoren. Hierbij kan gedacht worden aan verschillende soorten sensoren.

Deze data kan ook gebruikt worden om precies op tijd het onderhoud uit te voeren, en kan een vervolgstap zijn in de richting van predictive maintenance. Dit door de beschikbare data met een algoritme laten communiceren, waardoor er geen handmatige sturing bij komt kijken. Hierdoor wordt er dus voorspeld wanneer het component service of onderhoud nodig zal hebben. Binnen de beveiligingssystemen zijn er dus al goede ontwikkelingen op het gebied van technologieën en methodes om predictive maintenance toe te passen.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 25 van 41

4. Op welke wijze verloopt het huidige proces binnen Van den Broek systemen betreft het service en onderhoud?

Om het onderzoek op een correcte en valide manier te doen is er besloten om ook praktijkonderzoek te doen. Hierbij is praktijkonderzoek ingezet om de huidige werkwijze binnen het service en onderhoud te onderzoeken. Hierbij hebben we vooral objectief gekeken wat opvalt en indien nodig vragen gesteld om een opheldering met betrekking tot bepaalde onderdelen.

4.1. Werkwijze Van den Broek systemen

In de eerste week is een algemene introductie gegeven over het bedrijf en is er een rondleiding gegeven door het gehele bedrijf heen. Aan de hand van deze introductie is opgemerkt dat het onderhoud gebeurt op basis van een meerjarenonderhoudsplanning (MJOP), deze wordt afgesloten wanneer het systeem opgeleverd wordt. Dit zorgt ervoor dat Van den Broek systemen een garantie heeft dat ze voor een bepaald aantal jaar het onderhoud voor het betreffende systeem doen. Zo weet de planningsafdeling van het bedrijf wat voor onderhoud eraan staat te komen en ze nemen de storingsmeldingen op via telefoon en mail. Via het softwaresysteem waarin bijna het hele bedrijf is gekoppeld is de planning opgemaakt. Aan de hand daarvan worden de monteurs ingepland en deze kunnen via deze software hun werkbbon ophalen. Hierin staat welke werkzaamheden gedaan dient te worden, in de vorm van een checklist of een werkomschrijving.

Checklist Brandbeveiliging BMI

BEVINDINGEN ONDERHOUD, CONTROLE EN BEPROEVING	
Automatische brandmelders zijn gecontroleerd / gereinigd en functioneren goed	
Nevenindicatoren zijn zichtbaar en functioneel	
Handbrandmelders zijn bereikbaar, intact, compleet en functioneren	
Brandmeldcentrale teksten zijn leesbaar, behuizing is intact en interne bekabeling is onbeschadigd	
Brandmeldcentrale instellingen voldoen aan de specificaties	
Meldingen van brand, storing, breuk, onderbreking en kortsluiting etc... functioneren adequaat	
Brandalarmeringsapparatuur optisch en akoestisch zijn functioneel beproefd en goed	
Installatie is functioneel beproefd en werkvaardig bevonden	
BEVINDINGEN TEN AANZIEN VAN STURINGEN	
Doormelding brandmelding worden door ontvangststation ontvangen	
Doormelding storingsmeldingen worden door ontvangststation ontvangen	
Ontruimingsalarminstallatie B werking en aansturing voldoet	
Voorziening voor deuren functionele werking en aansturing voldoet	
Brandweeringang functionele werking en aansturing voldoet	
ENERGIEVOORZIENING	
Aansluitpunten, teksten en signaleringen in goede staat en functioneren goed	
Accu getest	
Laadspanning	
Totale stroomafname in rust met de noodstroomvoorziening als voeding	
Totale stroomafname bij alarmsignalering met de noodstroomvoorziening als voeding	
BEHEER (informatief)	
Een logboek wordt bijgehouden met brand-, ongewenste-, onechte meldingen en storings	
Hebben zich bestemmings- of bouwkundige veranderingen voorgedaan t.o.v. vorige controle die aanpassingen vereisen	
Opmerking:	

SAMENWERKING IN TECHNIEK

Figure 16: Checklist brandbeveiliging (Van den Broek systemen, 2022)

Om ook een betere indruk te krijgen in hoe het onderhoud er op dit moment aan toe gaat is er afgesproken om twee dagen mee te lopen met het onderhoud en service. Hiervoor is er met de afdeling planning afgesproken op welke dagen en over welk project het onderhoud gaat. Daarna is met de onderhoud- en servicemonteur de verdere details besproken.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 26 van 41

Hierbij is er bewust voor gekozen om beide studenten met een andere monteur mee te laten gaan. Zo om allebei een (ander) beeld te vormen over de huidige werkwijze en de overeenkomsten maar ook zeker de verschillen langs elkaar te leggen. Dit leidde tot veel inzicht in de huidige werkwijze. Zo viel het op dat Van den Broek systemen nu veelal correctief onderhoud toepast. (Zie [hoofdstuk 1.1.2](#))

Daarnaast viel op dat het niet altijd gelijk verholpen wordt, maar dat er een werkbond wordt aangemaakt op het moment dat er een storing of probleem geconstateerd is. Dit leidt ertoe dat er op een ander moment weer teruggekeerd dient te worden naar dezelfde klant om de storing of het probleem te verhelpen. Dit is een resultaat van de traditionele onderhoudsmethode binnen Van den Broek systemen: correctief onderhoud. Een tweede reden is dat het planning technisch niet past, doordat het hele systeem gecontroleerd moet worden. Een derde reden die opviel, was dat het onderhoud niet direct uitgevoerd kon worden. Dit doordat het productieproces anders verstoord werd. Hierdoor kon de storing of het probleem pas opgelost worden wanneer voor het productieproces een onderhoudsstop gepland is. Dit is naar voren gekomen nadat dit gevraagd is aan de monteur, dit na het waarnemen van het niet direct vervangen van de componenten. Dit is terug te lezen in de businesscase. (Zie [Businesscase ProjectPM MSI.docx](#))

4.2. Conclusie

Concluderend verloopt het onderhoud en service werkwijze binnen Van den Broek systemen als volgt: Als eerst is er een aanleiding tot het onderhoud of de service. Dit kan uit meerdere dingen bestaan zoals een storing die zich voordoet, of een afspraak volgens het meerjarenonderhoudsplan. Vervolgens wordt hier een planning en werkbond voor gemaakt met de werkzaamheden voor de monteur.

Vervolgens treft deze monteur voorbereidende werkzaamheden, zoals de BIM-tekening van het systeem bekijken en bekijken wat de werkzaamheden zijn, om het werk goed uit te kunnen voeren. Op de dag van het onderhoud voert deze monteur de opgegeven werkzaamheden uit. Hierbij zijn er verschillende werkzaamheden mogelijk, zoals het testen van het systeem maar ook het uitvoeren van het daadwerkelijke onderhoud. Hierbij kan gedacht worden aan het kijken of het bestemmingsplan van de betreffende ruimtes nog kloppen met wat is opgenomen in het onderhoudsplan, het optisch en fysiek testen van de componenten en de aansturing en het controleren van het beheer.

Vervolgens worden deze bevindingen gedocumenteerd op de werkbond. Doordat het vooraf niet inzichtelijk is wat er vervangen of hersteld moet worden, dient bij een constatering hiervan een nieuwe afspraak gemaakt te worden. Wanneer alles in de documentatie is verwerkt en definitief is afgerond, word er een onderhoudscertificaat afgegeven. In de vier zogenoemde 'swimlanes' hieronder is het hele proces met betrekking tot onderhoud en ook een swimlane met betrekking tot service te zien. Voor het onderhoudsproces is daarnaast ook nog het logistieke verloop inzichtelijk gemaakt, en voor de nieuwe situatie is het procesverloop ook in kaart gebracht middels de swimlane.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 27 van 41

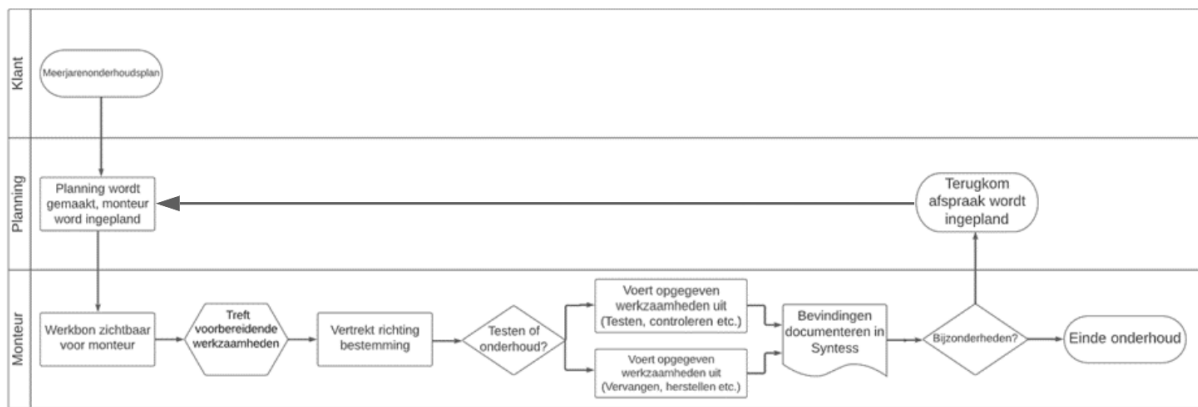


Figure 17: Huidige werkwijze onderhoud (2022)

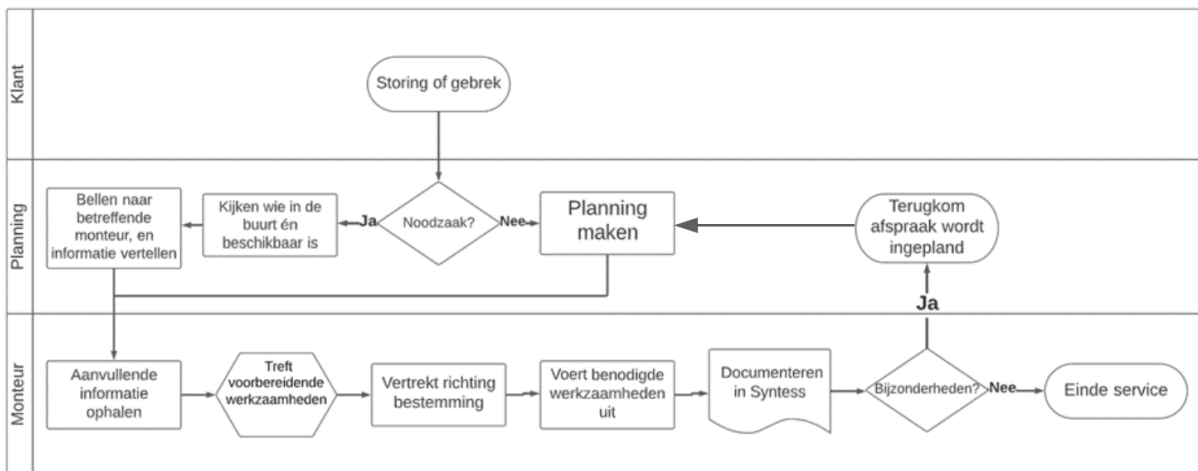


Figure 18: Huidige werkwijze service (2022)

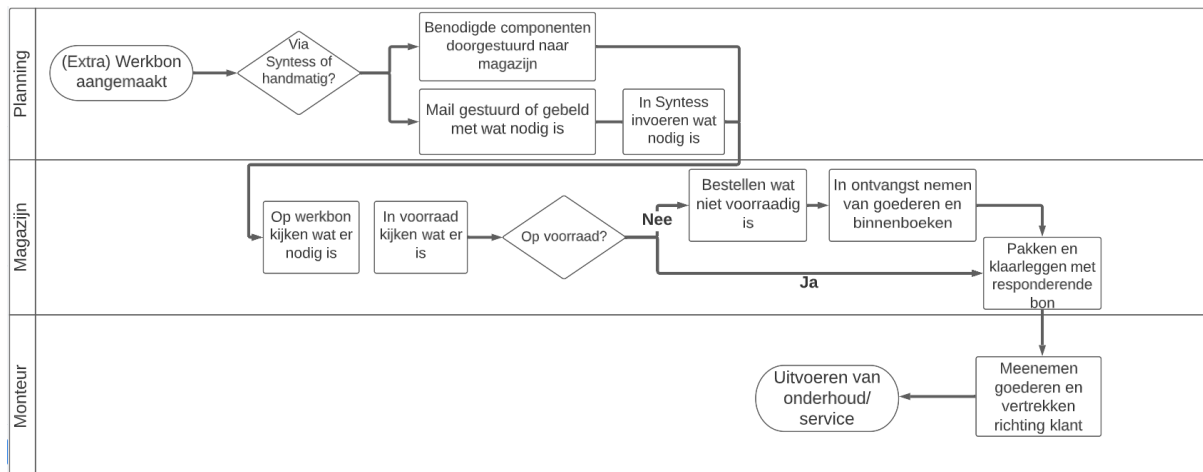


Figure 19: Huidig logistiekproces van het onderhoud (2022)

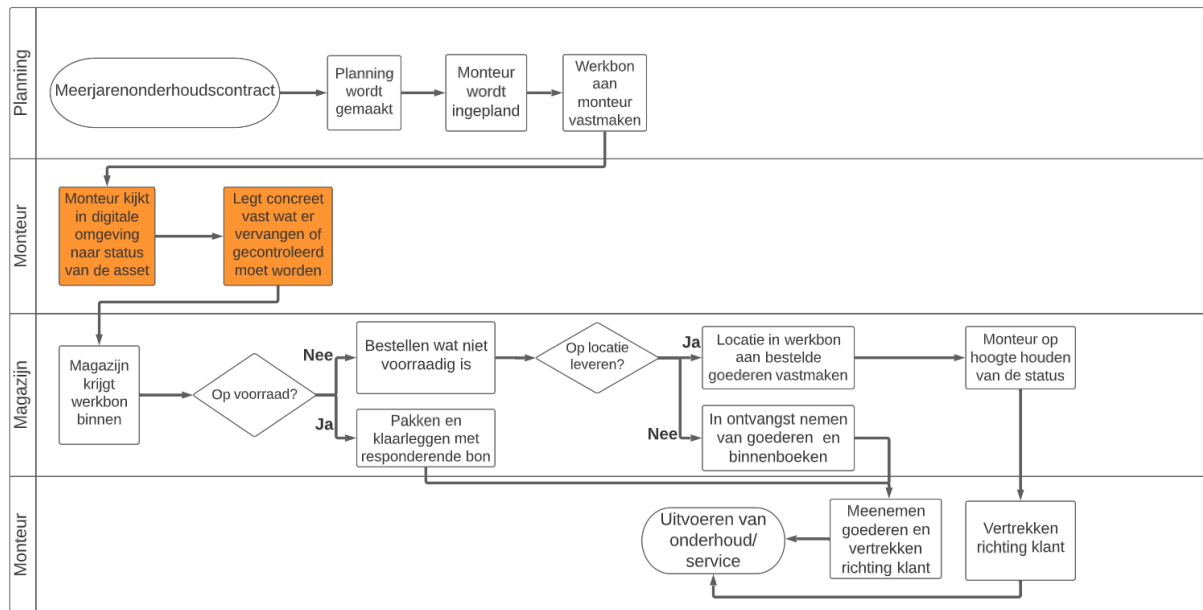


Figure 20: Procesverloop nieuwe situatie onderhoud, waarbij de oranje vlakken de veranderingen zijn (2022)

5. Wat zijn de ontwikkelingen op het gebied van onderhoud die interessant zijn voor Van Den Broek systemen?

Op het gebied van technisch onderhoud zijn er constant innovaties door verschillende leveranciers en bedrijven. Door onderzoek te doen naar de huidige ontwikkelingen en de toekomstige ontwikkelingen. Wordt inzichtelijk wat er mogelijk toegepast kan gaan worden, aan de hand hiervan kan Van den Broek systemen een selectie maken voor de ontwikkelingen die voor hen bruikbaar zijn.

5.1. Augmented reality (AR)

Augmented reality (Nederlands: toegevoegde realiteit) is een toegepaste methode van virtual reality (VR), waarmee op verschillende manieren van visualisatie de werkelijkheid - waaraan elementen worden toegevoegd door een applicatie – wordt weergegeven. Hierdoor wordt een extra informatie laag toegevoegd aan de waarneming van de reële wereld, zodat de gebruiker een completer beeld heeft van de situatie. ([Azuma, 1997](#))

Volgens Ronald Azuma (erkende expert van AR) moet een AR-systeem aan drie voorwaarden voldoen:

1. Het systeem combineert de reële en virtuele wereld.
2. Het systeem is real-time interactief.
3. Het systeem functioneert in drie dimensies.



Figure 21: Voorbeeld van augmented reality in een industriële omgeving ([Compris, 2021](#))

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 30 van 41

Augmented reality is een ontwikkeling die voor Van den Broek systemen interessant kan zijn voor in de toekomst wanneer het technisch personeel tekort te drastisch wordt. Door bijvoorbeeld een bestaand systeem aan te schaffen kan dit op een eenvoudige manier geïmplementeerd worden binnen de werkwijze. Momenteel zijn alle monteurs al in het bezit van een tablet voor het documenteren van rapporten en het bijhouden hun werkuren. Door het toepassen van augmented reality zoals in figuur 19, kan een monteur op een eenvoudige manier de real-time status van het component zien. Hiermee kan het onderhoud sneller uitgevoerd worden en kunnen componenten sneller gelokaliseerd worden, waardoor het een interessante ontwikkeling is voor Van den Broek.

5.2. Mixed reality

Net zoals augmented reality, kan de ontwikkeling van mixed reality ook een interessante innovatie zijn. Mixed reality is een mix van de fysieke en digitale wereld, waar door middel van intuïtieve 3D menselijke interactie mogelijk maakt. Hierdoor is het voor de service ondersteuning bij Van den Broek systemen mogelijk om de monteur op afstand te ondersteunen wanneer zij deze kennis niet kunnen toepassen. Mixed Reality kan hierdoor een ontwikkeling zijn voor Van den Broek systemen door virtuele onderdelen zoals beveiligingscomponenten of gereedschap toe te voegen. Hierdoor kan de ondersteuner de monteur, of voor de latere toekomst zelfs de klant, begeleiden om het probleem op te lossen. [\(Cosco et al., 2013\)](#)

Het verschil tussen mixed reality en augmented reality zit in de interactie tussen de fysieke en digitale elementen. Bij augmented reality worden enkel elementen toegevoegd aan de fysieke wereld, waardoor de situatie en omgeving completer gemaakt kan worden. Bij mixed reality heeft de gebruiker daadwerkelijk de mogelijkheid om interactief de digitale wereld te gebruiken.

Een tweede verschil tussen de twee technologische ontwikkelingen is hoe de techniek te gebruiken is. Augmented reality maakt gebruik van een mobiel apparaat om de techniek te laten werken, terwijl bij mixed reality gebruik gemaakt dient te worden van een speciaal ontwikkelde bril. [\(Farshid et al., 2018\)](#)



Figure 22: Voorbeeld van mixed reality [\(Microsoft, 2022\)](#)

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 31 van 41

5.3. 4-Dimensional BIM

Een BIM-ontwerp in 4-D kan gedefinieerd worden als een 3D digitale model met daaraan een planningstechniek. Hierdoor kan ingeschat worden hoeveel tijd het kost om bijvoorbeeld een component te plaatsen bij een nieuwbouwproject. Met de toegevoegde planning kan het gebouw vooraf in de computer vanaf de grond opgebouwd worden. Hiermee kan al in een vroeg stadium eventuele problemen inzichtelijk gemaakt worden om deze te kunnen voorkomen. Ook heeft het als voordeel dat verschillende installateurs niet tegelijkertijd in dezelfde ruimte hun werkzaamheden gaan uitvoeren, waardoor de verschillende installateurs elkaar in de weg kunnen lopen. Deze ontwikkeling kan ook van toepassing zijn voor Van den Broek, zo weten ze wanneer ze volgens de planning aan de beurt zijn om hun systemen te installeren. Dit zorgt ervoor dat ze ook strakkere planningen kunnen maken. Daarnaast biedt het vooraf ook inzicht over waar andere onderdelen geïnstalleerd worden of hoe het gebouw ingedeeld wordt, zoals bijvoorbeeld het plaatsen van een airco of waar een gesloten ruimte zich bevindt. Dit kan Van den Broek dan meenemen in hun installatie, waardoor ze niet spontaan voor verrassingen komen te staan. En daarnaast is de tijd dus een goede ontwikkeling voor Van den Broek, zo weten ze bijvoorbeeld wanneer en waar bepaalde bestellingen aanwezig moeten zijn. Zoals in het geval van grotere projecten worden de bestellingen op locatie geleverd, door de tijd toe te voegen aan de tekening wordt er inzichtelijk wanneer de componenten aanwezig moeten zijn voor installatie. (Jupp, 2017)

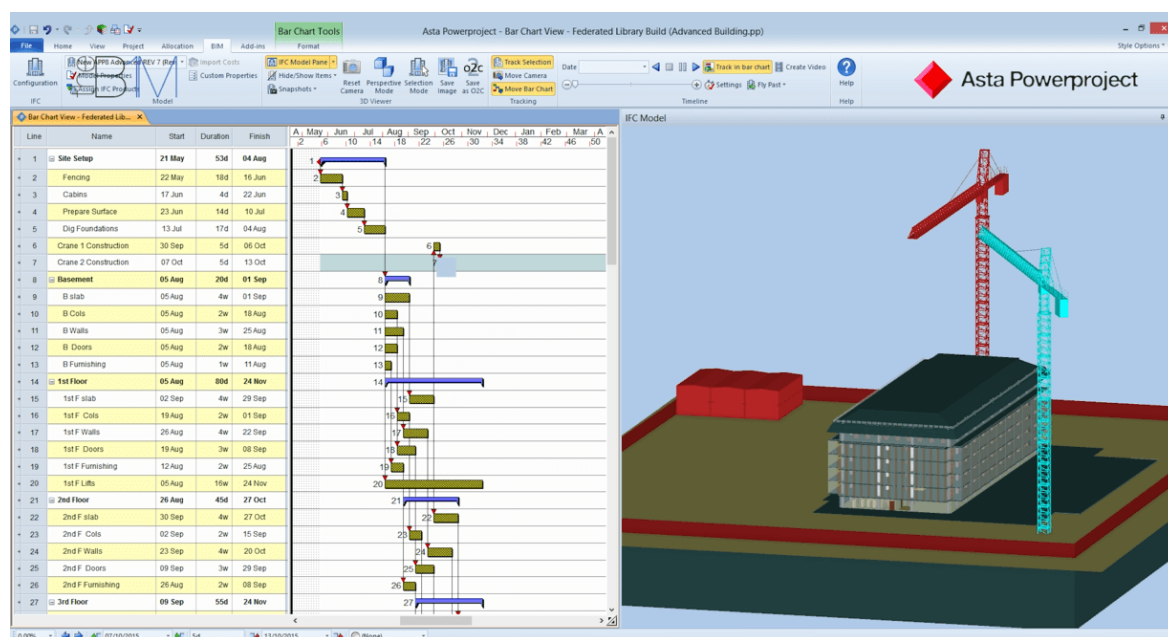


Figure 23: Voorbeeld van een 4D BIM ontwerp (theb1m, 2016)

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 32 van 41

5.4. PSIM software Sky-Walker

Gebouwen zijn uitgerust met veel verschillende technologieën, vaak van verschillende fabrikanten. Het beheren van al deze componenten met behulp van afzonderlijke systemen kan een uitdaging en tijdrovend zijn. Hier biedt Sky-Walker software een oplossing voor, dit is een open integratieplatform wat het beheer en controleren van alle afzonderlijke systemen en technologieën binnen een gebouw te combineren in een gebruikersinterface.

Voor het configureren van de software binnen de huidige werkwijze is geen programmeer kennis nodig, doormiddel van handige installatie tools is het configureren eenvoudig. Het gebruikersinterface is volledig aanpasbaar naar de wensen van de klant. In dit gebruikersinterface is het daarnaast mogelijk om de functionaliteit per gebruiker aan te passen, dit is geschikt in organisatie waarin onderscheiding van machtsverhouding is. Bijvoorbeeld als er een beheerder is voor camera, toegang of brandbeveiliging. Daarnaast kan iedere gebruiker een uniek ID en wachtwoord hebben waardoor dit goed beveiligd is.

Binnen de PSIM, Physical Security Information Management, software van Entelec is er een onderscheid tussen drie domeinen: veiligheid, beveiliging en comfort. Een integratie tussen deze verschillende domeinen is mogelijk doordat er gebruik gemaakt wordt van het TCP/IP communicatieprotocol. Wanneer een subsysteem een ander protocol gebruikt, is hier een communicatie driver module voor. Iedere werkt met een systeem lader service, deze werken als een laag tussen de server en de driver module. Deze systeempladers zijn verantwoordelijk voor de communicatie tussen het integratie platform en het externe subsysteem. Een driver is een belangrijk onderdeel wat zich voordoet als een protocol vertaling tussen hardware en software.

Door de PSIM-software is er een globaal overzicht van het hele gebouw zichtbaar. Hierdoor wordt het mogelijk om verschillende situaties te beheersen, subsystemen te besturen en rapportages met statistieken te maken. In dit dashboard kan allerlei beschikbare data gevisualiseerd worden, wat het mogelijk maakt om de operationele kosten te verlagen. Denk hierbij aan het inzichtelijk maken van actuele statussens van de componenten. Ook een incidenten manager is geïntegreerd in de software, deze stelt een beheerder in staat om een ongeplande situatie (alarm) eenvoudig af te handelen. Daarnaast is het ook mogelijk om te verbinden met verschillende CCTV systemen, zoals IP camera's, DVR's en NVR systemen. Deze camera's kunnen ook weer gelinkt worden met brandmelders en inbraaksensoren etc. Doordat de verschillende beveiligings- en veiligheidssystemen in een systeem verbonden zijn, is er een koppeling mogelijk om cohesie te vormen. Hierdoor kunnen er eigen of bedrijfsgebonden procedures aan vast gemaakt worden.

Doordat Sky-Walker gebruik gemaakt van TCP/IP is integratie met veel leveranciers mogelijk. En daarnaast bieden ze communicatie driver modules die overige protocollen vertalen naar een bruikbaar protocol. Hierdoor wordt het alsnog mogelijk om deze systemen te integreren binnen de PSIM software. Hierdoor is deze software ook een interessante ontwikkeling voor Van den Broek om in de gaten te houden.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 33 van 41

Conclusie

Het onderzoek begint met het presenteren van de onderzoeksresultaten naar onderhoud. Hierin wordt uitgelegd dat onderhoud op te delen is in vijf methodieken met daarbij de voor- en nadelen:

	Reactief onderhoud	Correctief onderhoud	Preventief onderhoud	Conditie-gebaseerd onderhoud	Voorspellend onderhoud
Betekenis	Onderhoud bij volledig defect object	Onderhoud bij defect aan deel van object	Onderhoud voor falen van object, op basis van schema	Real-time toestandbewaking van een object, om de onderhoudsinterval te bepalen (Handmatig)	Real-time toestandbewaking van een object, om de onderhoudsinterval te bepalen (Automatisch)
Voordelen	Geen initiële kosten; Oplossen van geïdentificeerde problemen	Vermindering van serviceonderbrekingen; Verlenging van levensduur;	Verlenging van levensduur; Verhoging van veiligheid; Verhoging besparing	Verhoging van levensduur; Verlaging van kosten; Verlaging van uitvalstijd	Voorkomen van potentiële problemen; Minder risico op uitval
Nadelen	Verhoging van uitvaltijd; Onvoorziene kosten; Kortere levensduur	Verhoging onvoorspelbaarheid; Onderbreking van productie; Verkorte levensduur	Initiële kosten; Meer arbeidsuren	Initiële kosten; Verkeerde interpretatie	Initiële kosten; Grote hoeveelheid data nodig;

Door onderzoek te doen naar hoe voorspellend onderhoud uitgevoerd wordt in de elektrotechnische industrie, kan het digitaliseren van objecten opgedeeld worden in drie niveaus: Digital model, digital shadow en digital twin. Het verschil in de drie niveaus zit in de koppeling tussen het fysieke- en digitale object. Bij een digital model dient de data handmatig ontsloten te worden en dient de data-analyse handmatig uitgevoerd te worden, terwijl bij een digital shadow de data automatisch ontsloten wordt en de resultaten van de data-analyse dienen handmatig toegepast te worden. De digital twin is het hoogste niveau, waarbij de data automatisch ontsloten en geanalyseerd wordt. In de beveiligingssector - waar Van den Broek systemen actief is - zijn ook ontwikkelingen op het gebied van het digitaliseren van objecten. In de brandbeveiliging zijn hier de meest bruikbare toepassingen te onderzoeken, waar vooral gebruik gemaakt wordt van conditie-gebaseerd onderhoud op basis van een digital shadow. Door deze onderhoudsmethodiek toe te passen kan real-time op afstand data ontsloten worden vanaf de asset op locatie. Door deze data handmatig te analyseren, kan een plan gemaakt worden voor de onderhoudsklus.

Door onderzoek te doen naar de huidige onderhouds- en service werkwijze binnen Van den Broek systemen, zijn er een aantal bevindingen naar voren gekomen. Hierdoor kan er geconcludeerd worden dat er momenteel correctief onderhoud uitgevoerd wordt bij de klanten. Nadeel hiervan is dat het ervoor zorgt dat problemen of storingen in een verschillend aantal gevallen niet direct opgelost kunnen worden, maar het pas kan wanneer de oorzaak gevonden is. Wanneer niet alle componenten aanwezig zijn, dient de monteur op een later moment terug te keren naar dezelfde klant. Hierdoor wordt het technisch personeel minder efficiënt ingezet dan bij een hoger onderhoudsniveau.

Tot slot is onderzoek gedaan naar ontwikkelingen op het gebied van onderhoud en service die interessant zijn voor Van den Broek systemen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat Augmented Reality (digitale elementen toevoegen aan de werkelijkheid), Mixed Reality (digitale elementen toevoegen aan de werkelijkheid, waarmee interactie mogelijk is) en 4D BIM (toevoeging van tijdselement in BIM-ontwerp) interessante ontwikkelingen kunnen zijn voor Van den Broek systemen. De best toepasbare ontwikkeling hierin is de Augmented Reality, doordat dit toevoegingen betreft op de werkelijke wereld. Dit kan nuttig zijn voor nieuwe monteurs die nog niet erg bekend zijn met de installaties bij van den Broek systemen.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 34 van 41

Gedurende het project is gezocht naar een antwoord op de vraag: **‘Welke IOT-oplossingen en data gedreven technologieën kan Van Den Broek systemen gebruiken en welke wijze kan dit toegepast worden om hiermee predictive maintenance uit te voeren op hun beveiligingssystemen en elektrotechnische installaties?’**

Met de verkregen inzichten uit de deskresearch kan geconcludeerd worden dat een digital twin op dit moment nog een stap te ver is om te implementeren binnen de huidige werkwijze. Deze conclusie is getrokken doordat van den Broek systemen op een lager digitaliseringsniveau zit dan gewenst is voor het toepassen van een digital twin. Hierdoor kan er wel gezegd worden dat een digital shadow momenteel de beste oplossing is voor Van den Broek systemen. Met een digital shadow is het echter niet mogelijk om predictive maintenance toe te passen, wat oorspronkelijk wel de vraag was. Daarnaast kan Van den Broek systemen niet van het huidige onderhoudsniveau (correctief onderhoud) in één stap naar predictive maintenance veranderd worden. Hiervoor zal er eerst een tussenstap gezet moeten worden, namelijk conditie-gebaseerd onderhoud. Hierbij wordt er wel gebruik gemaakt van een data gedreven technologie om te sturen op het onderhoud. Dit is gezien de huidige situatie bij Van den Broek systemen de beste tussenoplossing.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 35 van 41

Aanbevelingen

Als aanbeveling is onderzoek gedaan naar systemen die momenteel beschikbaar zijn voor de gebouwautomatisering specifiek voor de toepassing van van den Broek systemen. Hieruit is gebleken dat het systeem van Siemens (Siemens Cerberus DMS).

Binnen van den Broek zijn er leveranciers van verschillende systemen, die genoemd worden in de hoofdstukken van de aanbeveling. De reden waarom van den Broek systemen deze systemen gekozen heeft, heeft verschillende oorzaken:

- Gebruiksgemak
- Klantwens
- Functionaliteit
- Compatibiliteit
- Schaal van het project
- Afspraken met de leveranciers

Doordat er een groot verschil is tussen systemen onderling, communiceren deze ook middels verschillende communicatieprotocollen. Hierdoor is een integratie van alle systemen in een software systeem ook erg lastig, omdat dit niet elke software dezelfde protocollen ondersteunt. Hierdoor is communicatie met de verschillende componenten niet mogelijk, waardoor het niet geïntegreerd kan worden. Onderstaand zijn alle betreffende systemen uitgewerkt, met daarbij de betreffende communicatieprotocollen.

Toegangscontrole

Vanderbilt heeft meerdere toegangscontrolesystemen. Hier hebben zij een heel portfolio in genaamd ACRE. Hierbij is het mogelijk om dit aan te sturen via de Cloud, met de ACT365. Hierbij bevat het ACRE scala veel mogelijkheden aan technologische oplossingen zoals onder andere gezichtsherkenning, QR-codelezer, kaartlezers voor bluetooth en mobiele inloggegevens. Deze lezers kunnen verbonden worden via het TCP/IP communicatieprotocol. Middels TCP/IP is het mogelijk om dit te integreren met Cerberus DMS ([Vanderbilt International Limited, z.d.](#)).

Daarnaast maakt Van den Broek ook gebruik van de toegangscontrole van Paxton. Deze leverancier biedt verschillende toegangscontrole oplossingen, zoals PaxLock, deurintercom, (chip en kaart) lezers, bijbehorende software en een app. Echter maakt dit toegangscontrolestelsel gebruik van eigen protocol, RS485/Paxton10. Hierdoor is er alleen maar integratie mogelijk met door Paxton gekozen systemen, zoals onder andere MileStone. Hier valt het systeem van Siemens niet onder, waardoor integratie niet mogelijk is ([Paxton, 2022](#)).

Videobewaking

Evenals een toegangscontrole beschikt Paxton ook over videobewaking. Hierbij is ook een koppeling mogelijk tussen het toegangscontrole en de opgenomen camera beelden. Evenals bij de toegangscontrolesystemen gebruikt het videomanagementsysteem een eigen communicatieprotocol. Het is bij dit videomanagementsysteem mogelijk om universele camera's met Open Network Video Interface Forum (ONVIF) ondersteuning toe te voegen. Doordat het camerasysteem communiceert middels een eigen protocol, is een integratie met Siemens Cerberus DMS niet mogelijk ([Paxton, z.d.](#)).

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 36 van 41

Zoals hierboven beschreven kunnen camera's van andere merken middels ONVIF toegevoegd worden aan het videomanagementsysteem, hierdoor is het mogelijk om de videobeelden te bekijken in de software van een van de leveranciers. Hikvision camera's ondersteunen dit protocol ook, waardoor een integratie met Cerberus DMS hiermee wel mogelijk is. (ONVIF, 2022).

Brandbeveiliging

Daarnaast biedt Van den Broek twee verschillende brandmeldinstallaties. Bij Hertek is dit het Penta systeem, waarbij het mogelijk is om via Hertek Connect het beheer en de controle over het Penta systeem op afstand te doen. Daarnaast zijn hier veel details in te zien, zoals storingen, brandmeldingen etc. Deze installatie maakt gebruik van het CoreProtocol, opnieuw een eigen ontwikkeld protocol. Hierbij is XP95 de voorloper van het Discovery protocol. Het vernieuwde CoreProtocol biedt echter ondersteuning op het reeds gevestigde Discovery- en XP95-protocol. (Hertek, z.d.)(Apollo Fire Detectors, 2021)

Het tweede systeem wat Van den Broek levert is van Siemens, genaamd CERBERUS PRO. Met dit systeem wordt het mogelijk om alle elementen van brandbeveiliging in één systeem te krijgen. Middels het Cerberus Portal is het mogelijk om de real-time status van de asset te bekijken, maar ook details over een brandmelding of storing zijn inzichtelijk. Daarnaast heeft het systeem een planningsondersteuning waardoor de brandveiligheidsplanning eenvoudiger wordt. Cerberus PRO is een True Open Protocol waardoor het systeem eenvoudig aangesloten kan worden op systemen van derden. Dit gebeurt via de communicatieprotocollen via BACnet, OPC en ModBus. Dit maakt integratie met Cerberus DMS mogelijk (Siemens.com, z.d.).

Noodverlichting

De noodverlichting die Van den Broek levert is van het merk VanLien/ABB. ABB heeft verschillende slimme oplossingen met LED noodverlichting, maar ook een eigen monitoringssysteem. Om met dit monitoringssysteem te communiceren wordt er gebruikt gemaakt van het Digital Addressable Lighting Interface (DALI) protocol. Middels het DALI protocol wordt het mogelijk om de lampen digitaal aan te sturen en hier informatie over uit te lezen. Doordat dit systeem met een eigen protocol communiceert is het niet mogelijk het direct te integreren met Cerberus DMS. Echter middels een gateway is dit wel mogelijk, deze gateway maakt bi-directionele communicatie tussen DALI en BACnet-systemen mogelijk. Dit wordt wel ondersteund door Cerberus DMS. (BACMOVE,2023).

Cerberus DMS

Cerberus DMS is een aanpasbaar gevarenmanagementsysteem wat ervoor zorgt dat de bescherming van gebouwen intelligenter, efficiënter en eenvoudiger gemaakt wordt. Cerberus DMS maakt het mogelijk om gecentraliseerde monitoring en aansturing te realiseren. Daarnaast ondersteunt het systeem bij de afhandeling van alarmen.

Doordat Cerberus DMS een open platform is, is het een platform geschikt voor comptabiliteit met andere systemen en verschillende protocollen en IT-standaarden zoals SNMP, BACnet, OPC, ModBus TCP, ONVIF en Web Services.

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 37 van 41

Daarnaast maakt dit ook integratie van meerdere disciplines in één systeem: brandveiligheid, toegangscontrole, inbraak- en videobewaking. Middels Cerberus DMS Connect kunnen alle veiligheids- en beveiligingsapparatuur geïntegreerd worden in één intelligente oplossing voor het gevarenmanagement ([Siemens, z.d.](#))

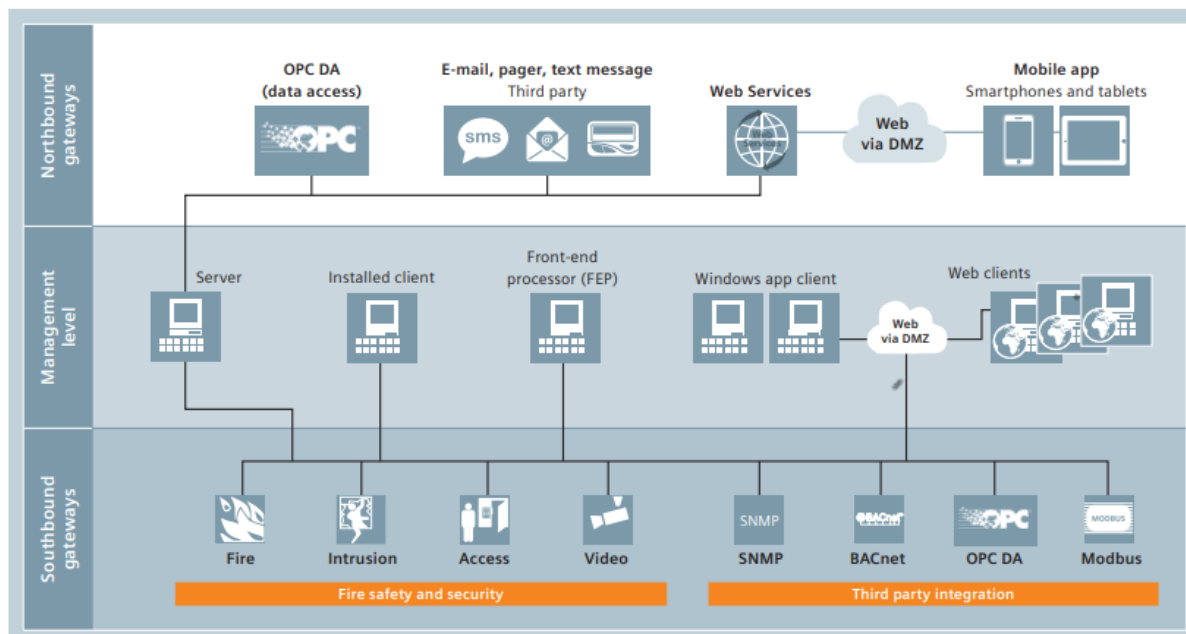


Figure 24: Systemoverzicht Siemens Cerberus DMS ([Cerberus DMS v2.1 for VAP and consultant – flyer - Flyers, z.d.](#))

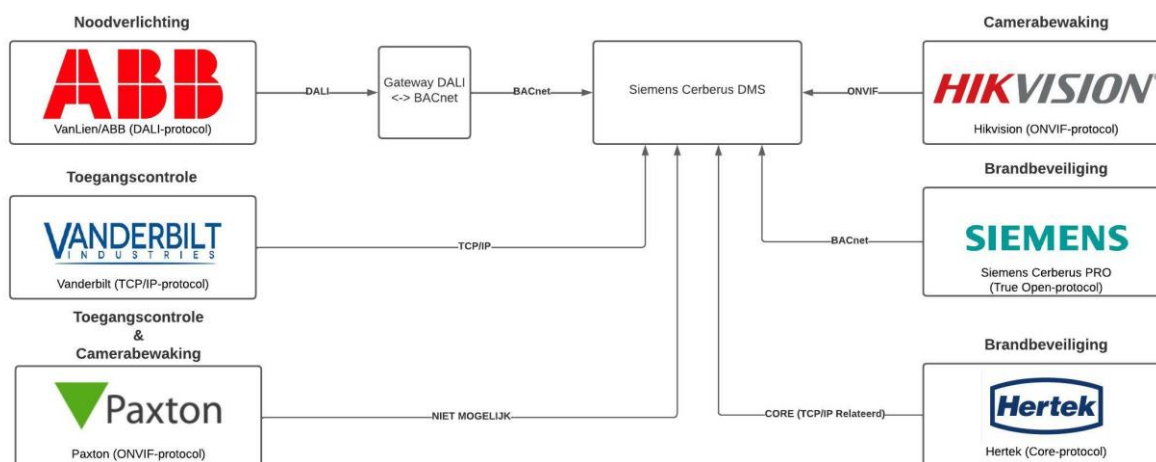


Figure 25: Overzicht van den Broek systemen met Siemens Cerberus DMS

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 38 van 41

Bibliografie

- Installatiebedrijf van den Broek Systemen Oss | Organisatie. (z.d.). <https://www.vandenbroek-oss.nl/organisatie/>
- Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. International Journal of Production Economics, 70(3), 237–244. [https://doi.org/10.1016/s0925-5273\(00\)00067-0](https://doi.org/10.1016/s0925-5273(00)00067-0)
- ToolSense. (2022, 16 september). Preventive Maintenance: Simply Explained | ToolSense Glossary. <https://toolsense.io/glossary/preventive-maintenance/>
- MaintainX. (2022b, september 26). What Is Planned Maintenance? | MaintainX. <https://www.getmaintainx.com/learning-center/planned-maintenance/>
- UpKeep. (z.d.). CMMS, EAM & IIoT Software by UpKeep Asset Operations Management | Try Free. onupkeep. Geraadpleegd op 1 november 2022, van <https://www.upkeep.com/learning/corrective-maintenance>
- MaintainX. (2022a, juni 23). What Is Corrective Maintenance? | MaintainX. <https://www.getmaintainx.com/learning-center/corrective-maintenance/>
- MaintainX. (2022, 25 augustus). What Is Condition-Based Maintenance? | MaintainX. <https://www.getmaintainx.com/learning-center/condition-based-maintenance/>
- UpKeep. (z.d.-c). CMMS, EAM & IIoT Software by UpKeep Asset Operations Management | Try Free. onupkeep. Geraadpleegd op 1 november 2022, van <https://www.upkeep.com/learning/reactive-maintenance>
- MaintainX. (2022b, januari 12). What Is Reactive Maintenance? | MaintainX. <https://www.getmaintainx.com/learning-center/reactive-maintenance/>
- UpKeep. (z.d.-d). CMMS, EAM & IIoT Software by UpKeep Asset Operations Management | Try Free. onupkeep. Geraadpleegd op 1 november 2022, van <https://www.upkeep.com/learning/predictive-maintenance>
- MaintainX. (2022a, januari 11). What Is Predictive Maintenance? | MaintainX. <https://www.getmaintainx.com/learning-center/predictive-maintenance-quick-guide/>
- ToolSense. (2022, 16 september). Predictive Maintenance: Definition and FAQs | ToolSense Glossary. <https://toolsense.io/glossary/predictive-maintenance/>
- Building Information Modeling. (2016, 8 juli). Wood Harbinger. <https://www.woodharbinger.com/capabilities/building-information-modeling/>
- Bergs, T., Gierlings, S., Auerbach, T., Klink, A., Schraknepper, D. & Augspurger, T. (2021). The Concept of Digital Twin and Digital Shadow in Manufacturing. Procedia CIRP, 101, 81–84. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.02.010>
- Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J. & Sihn, W. (2018). Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. IFAC-PapersOnLine, 51(11), 1016–1022. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474>
- Hanly, S. (z.d.). Differences Between Condition-Based, Predictive, and Prescriptive Maintenance. Geraadpleegd op 3 november 2022, van <https://blog.endaq.com/differences-between-condition-based-predictive-and-prescriptive-maintenance>
- Fiix. (2022, 1 juni). Condition Based Maintenance & Monitoring (CBM Maintenance). <https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/condition-based-maintenance/>
- When You Should Consider a Condition-Based Maintenance Approach. (2022, 12 augustus). Innovapptive, Inc. <https://www.innovapptive.com/blog/when-you-should-consider-a-condition-based-maintenance-approach>

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek		Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023	Pagina: 39 van 41

- Dahrs, N. (z.d.). Condition Based Maintenance: onderhoud wanneer het écht nodig is. Geraadpleegd op 3 november 2022, van <https://www.dimensys.pro/blog/condition-based-maintenance-onderhoud-wanneer-het-echt-nodig-is>
- Condition Based Monitoring. (z.d.). RINA.org. Geraadpleegd op 3 november 2022, van <https://www.rina.org/en/condition-based-monitoring>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Cosco, F., Garre, C., Bruno, F., Muzzupappa, M. & Otaduy, M. A. (2013). Visuo-Haptic Mixed Reality with Unobstructed Tool-Hand Integration. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 19(1), 159–172. <https://doi.org/10.1109/tvcg.2012.107>
- Farshid, M., Paschen, J., Eriksson, T. & Kietzmann, J. (2018). Go boldly! Business Horizons, 61(5), 657–663. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.05.009>
- Wat is mixed reality? - Mixed Reality. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/nl-nl/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- Jupp, J. (2017). 4D BIM for Environmental Planning and Management. Procedia Engineering, 180, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.178>
- What is 4D BIM? <https://www.theb1m.com/video/what-is-4d-bim>
- Magazine, B. (2021, 11 oktober). Is een brandmeldinstallatie verplicht? Bouw Magazine. <https://www.bouwmagazine.nl/is-een-brandmeldinstallatie-verplicht/>
- Huisman, H. (2022, 27 april). De eisen van ontruimingsinstallaties. VIB Netwerken. <https://vib-netwerken.nl/ontruimingsinstallaties-verplicht-eisen/>
- Haan, M. de. (z.d.). Wet- en regelgeving rondom noodverlichting in 2021. NVFN. <https://www.nvfn.nl/wetten-en-regels/>
- Uw Beheerder Brandmeldinstallatie. (2018, 20 juni). Opgeleid persoon. <https://www.uwbeheerderbrandmeldinstallatie.nl/opgeleid-persoon/>
- ABB Lightning (z.d.). <https://new.abb.com/low-voltage/nl/producten/verlichting-noodverlichting>
- ABB Lighting. (z.d.). [https://new.abb.com/Errors/FileNotFound.html?aspxerrorpath=/docs/librariesprovider84/default-document-](https://new.abb.com/Errors/FileNotFound.html?aspxerrorpath=/docs/librariesprovider84/default-document-library/abb_echt3500_vanlien_armaturengids_2021_a4_lrf6325af0c1f463c09537ff0000433538.pdf?Status=Temp&sfvrsn=d0c63908_6)
- ABB b.v. (z.d.). *Armaturen en systemen*. new.abb.com. Geraadpleegd op 13 januari 2023, van https://new.abb.com/docs/librariesprovider84/default-document-library/abb_echt3500_vanlien_armaturengids_2021_a4_lrf6325af0c1f463c09537ff0000433538.pdf?Status=Temp&sfvrsn=d0c63908_6
- *Cerberus DMS Danger management station*. (z.d.). siemens.com Global Website. Geraadpleegd op 13 januari 2023, van <https://new.siemens.com/global/en/products/buildings/fire-safety/danger-management/cerberus-dms.html>
- Vanderbilt International Limited. (z.d.). ARCHITECTURAL AND ENGINEERING SPECIFICATION. *Access Control System*. https://uploads.vanderbiltindustries.com/general/ACTpro_Specifications_Doc.pdf?mtime=1548766764
- Paxton. (z.d.). *Cameras and Video, a beginners guide*. Cameras and Video, a beginners guide. Geraadpleegd op 13 januari 2023, van <https://www.paxton-access.com/wp-content/uploads/2019/11/AN0048.pdf>

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023 Pagina: 40 van 41

- Paxton. (2022, 2 maart). *De voordelen van toegangscontrole voor uw gebouw*. <https://www.paxton-access.com/nl/welke-oplossing/toegangscontrole/>
- *Profiles, Add-ons, and Specifications*. (2022, 7 december). ONVIF. <https://www.onvif.org/profiles-add-ons-specifications/>
- *CoreProtocol®; innovatief en betrouwbaar*. (z.d.). Hertek. <https://www.hertek.nl/oplossingen/brandbeveiliging/penta-6000/coreprotocol>
- BACMOVE. (2023, 2 januari). *DALION: Ease the integration of DALI lighting - BACnet Lighting Controller*. <https://bacmove.com/bacnet-dali-on/>
- *Cerberus DMS v2.1 for VAP and consultant – flyer - Flyers*. (z.d.). <https://sid.siemens.com/v/u/A6V10442969>
- *Cerberus DMS v2.1 for VAP and consultant – flyer - Flyers*. (z.d.-b). <https://sid.siemens.com/v/u/A6V10442969>
- *What is an open protocol fire system | Apollo Fire Detectors*. (2021, 1 juni). <https://www.apollo-fire.co.uk/products/system-types/communication-protocol/>
- *Cerberus DMS v2.1 for VAP and consultant – flyer - Flyers*. (z.d.). <https://sid.siemens.com/v/u/A6V10442969>

Onderzoeksverslag Predictive maintenance in de beveiligings- en elektrotechniek	Auteur(s): MVB & KJ
Versie: V3.0	Revisie Datum: 16 januari 2023
	Pagina: 41 van 41