

## **Pilot Auditprogramma Industriële Elektrische Aandrijfsystemen**

### **Eindrapport Referentienummer S015618002**

Projectmanager: Maarten van Werkhoven, TPA adviseurs  
Penvoerder KEEA: Techniek Nederland, Thomas Piessens

Kennisnetwerk Efficiënte Elektrische Aandrijfsystemen KEEA

12 juni 2021  
Woerden, Aerdenhout

## Inhoud

1.	Gegevens Project .....	3
2.	Inhoudelijk eindrapport .....	3
2.1	Samenvatting .....	3
2.2	Inleiding .....	4
2.3	Doelstelling .....	4
2.4	Werkwijze.....	5
2.5	Resultaten van het project .....	5
2.5.1	Audits.....	5
2.5.2	Opvolging van audits - implementatie .....	8
2.6	Conclusies en Aanbevelingen .....	9
2.7	Aanbevelingen - mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten .....	12
3.	Uitvoering van het project.....	15
3.1	De problemen (technisch en organisatorisch) .....	15
3.2	Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan.....	16
3.3	Toelichting op verschillen tussen begroting en gemaakte kosten .....	16
3.4	Toelichting wijze van kennisverspreiding.....	16
3.5	Toelichting PR project en verdere PR-mogelijkheden.....	17

## Bijlagen

Bijlage I Audit format voor een energieonderzoeksverplichting elektrische aandrijfsystemen in het kader van verbreding van de energiebesparingsplicht voor bedrijven >10 mln kWh

Contactpersonen:

Techniek Nederland: Thomas Piessens, [t.piessens@TechniekNederland.nl](mailto:t.piessens@TechniekNederland.nl)

TPA adviseurs: Maarten van Werkhoven, [mvanwerkhoven@tpabv.nl](mailto:mvanwerkhoven@tpabv.nl)

# 1. Gegevens Project

Projectnummer: Referentienummer S015618002  
Projecttitel: Pilot Auditprogramma Industriële Elektrische Aandrijfsystemen  
Penvoerder: Techniek Nederland  
Mede-aanvragers: FEDA, Techniek Nederland en Holland Pomp Groep (HPG)  
Projectperiode: december 2018 – maart 2021

## 2. Inhoudelijk eindrapport

### 2.1 Samenvatting

In de periode 2018 – 2021 is het Pilot auditprogramma Industriële Elektrische Aandrijfsystemen uitgevoerd. De Pilot, waarin 30 audits zijn uitgevoerd, is opgezet als voorbereiding van een grootschaliger audit-programma voor 120 audits. De Pilot heeft laat duidelijke positieve opbrengsten zien, in geïdentificeerde rendabele energiebesparingsmogelijkheden bij de bedrijven, en levert praktische inzichten waarmee de audit-aanpak verder naar de industrie kan worden gebracht. De Pilot levert ook waardevolle inzichten als het gaat om achterblijvende kennis en inzet vanuit de toelevering en de industrie zelf. Aanbeveling worden gedaan om de inzet van auditors en industrie te versterken.

De audits laten besparingen zien tussen 10% tot 18% (per sector geaggregeerd) t.o.v. het startverbruik van de onderzochte aandrijfsystemen, met een gemiddelde besparing voor alle audits van 12%. De totaal geïnterpreteerde besparingen bedragen 24 GWh/jaar met een gemiddelde terugverdientijd van 3,0 jaar. In de uitvoering van de audits zijn verschillen opgetreden: afhankelijk van de beschikbaarheid van data en resources bij het industriële bedrijf en het soort productiefaciliteit zijn een kleiner of groter deel van de 'aandrijvingen' in de audit opgenomen. Een raming van het 'besparingspotentieel aandrijvingen' voor de geauditeerde bedrijven is geraamd op 60 tot 65 GWh/jaar, gelijk aan 15% tot 16% op het verbruik van de aandrijfsystemen, gelijk aan 0,22 - 0,23 PJ finaal elektriciteitsverbruik. Vertaald naar nationaal niveau betekent dit een besparingspotentieel van 3,9 tot 4,1 TWh (finaal), gelijk aan 2,2 tot 2,3 Mton CO2 emissiereductie.

Voorbeelden van het maatregelen en business cases uit de audits zijn:

- Vernieuwen van componenten als elektromotoren - voor hoog efficiënte elektromotoren, soms ook kleiner dimensioneren (kW); transmissies - bijvoorbeeld verminderen van het aantal riemen i.c.m. toevoegen van toerenregeling; verbeteren van de regeling; vernieuwen van de gedreven applicatie als pomp, compressor, ventilator met een juiste dimensionering.
- Invoeren van energie-monitoring op de aandrijvingen, en invoeren van systematische verwerking en gebruiken van de gegevens middels energimanagement-systematiek.
- Verbeteren van processen door middel van aanpassingen aan procesapparatuur.

Realisatie van de business cases: bij benadering wordt 25% van het energiebesparingspotentieel direct door de bedrijven via projecten tot uitvoering gebracht. Naar verwachting zal dit binnen 1 tot 3 jaar oplopen tot in totaal 65% tot 70% (van de gerapporteerde besparingsmogelijkheden). De overige besparingsmaatregelen zijn te scharen onder 'natuurlijk vervangingsmoment' (circa 20%) en overige, niet binnen afzienbare termijn (10%).

Kernaanbeveling is om initiatieven te nemen die het 'oogsten' van dit besparingspotentieel in de industrie ondersteunen. Hiervoor kunnen de volgende kernelementen worden genoemd:

- Vereenvoudig de auditmethodiek om zo de drempel voor deelname en uitvoering te verlagen, en een bredere toepassing mogelijk te maken, met behoud van de onafhankelijke elementen in het audit-concept,

- Voorzie in een trainingsopzet voor auditors, gericht op het gebruik van (geactualiseerde) rekentools, business caseontwikkeling en systeem-optimalisaties,
- Voorzie in een goede kostenverdeling tussen industrieel bedrijf en de auditor (daar waar in de Pilot het industrieel bedrijf geen out of pocket kosten had),
- Voorzie in een voortgezette, langdurige communicatie over de mogelijkheden van efficiënte aandrijvingen, goede business cases en de samenhangende bedrijvigheid voor de toelevering,
- Aanbevelingen voor de uitvoering behelzen onder meer een goede governance en commitment binnen het industrieel bedrijf; een deel van de kosten voor rekening van het deelnemende industriële bedrijf laten komen, met behoud van de onafhankelijkheid van de auditor door de te volgen audit-methodiek.

De Pilot heeft geleid tot concrete spin-off activiteiten, een versterking van het KEEA, en concrete mogelijkheden om de grote industrie te assisteren energie te besparen en andersoortige gelieerde verbeteringen door te voeren.

Deze rapportage is samengesteld volgens het voorgeschreven format 'Eindrapport Topsector Energie', versie 10 april 2015.

## 2.2 Inleiding

Het auditprogramma Industriële Elektrische Aandrijfsystemen is in 2017/2018 geïnitieerd door de partners van het Kennisnetwerk Efficiënte Elektrische Aandrijfsystemen (KEEA) en ingebracht voor het EZK-intensiveringsprogramma 2020 (IP2020) gericht op het realiseren van extra energiebesparing (PJ's) in de industrie.

Het programma is in 2019 gestart als Pilot. In dit Pilot Auditprogramma staat de uitvoering van 30 audits centraal, met speciale focus op

- Audit opzet en uitrol: kennisontwikkeling en kennisoverdracht van de Audit-aanpak,
- Organisatie van de audits: voorbereiden en toetsen van organisatie (aspecten),
- Draagvlak: betrokkenheid van industrie en toelevering
- Audit resultaten

Bij een voldoende positief resultaat, in termen van besparingen, uitvoerbaarheid en potentieel, zou de pilot vervolgd kunnen worden in een voucherregeling, waarmee de uitvoering van audits versneld en op grotere schaal zou kunnen gaan plaatsvinden.

Deze rapportage geeft een korte beschrijving de uitvoering, met conclusies en aanbevelingen m.b.t. tot de pilot en een vervolg aanpak.

## 2.3 Doelstelling

Het Pilot Auditprogramma is opgezet als voorbereiding van een grootschaliger audit-programma met uitvoering van 120 audits<sup>1</sup>. In het Pilot programma worden 30 audits worden uitgevoerd, waarna mogelijk via een Voucherregeling de overige 120 audits uitgevoerd zouden kunnen gaan worden.

De Pilot richt zich op het opstarten van de Audit-aanpak, middels kennisontwikkeling en kennisoverdracht van de Audit-aanpak, en het uitvoeren van 30 audits om zo de mogelijkheden voor een verdere uitrol te toetsen en voor te bereiden.

Bij voldoende positief resultaat zou de Pilot direct kunnen worden vervolgd met een voucherregeling, waarmee de audits op grotere schaal, breder in de markt uitgevoerd kunnen gaan worden.

---

<sup>1</sup> Onderliggende documenten bij de voorbereiding van het programma en de pilot:

- Voorstel Audit Programma Industriële Elektrische Aandrijfsystemen, 18/12/2017
- Voorstel Pilot Audit Programma Industriële Elektrische Aandrijfsystemen, 21/03/2018
- Projectverklaring Pilot Auditprogramma door HPG, FEDA, Techniek NL, 24/01/2019
- Besluit tot verlening subsidie, RVO, 12/12/2018

## 2.4 Werkwijze

Het pilot auditprogramma kent 2 onderdelen: Opstart en Audits.

### A. Opstart

Dit onderdeel richt zich op de ontwikkeling van de audit-methodologie en kennisontwikkeling bij en opleiding van bedrijven/medewerkers van de audit-bedrijven. De audit-methodologie en wijze van uitvoering wordt getoetst en waar nodig bijgesteld middels de uitvoering van 30 pilot-audits bij industriebedrijven.

De te trainen auditors (uitvoerders van de audit) zijn allerlei bedrijven uit de 'toelevering' en technische dienstverlening. De audits gaan uitgevoerd worden bij industriële bedrijven, die de auditors opdracht geven voor het uitvoeren van de audit.

### Audit-opzet (aanpak)

De audit methodologie is uitgewerkt tot een standaard aanpak, gebaseerd op de audit standaard (ISO 50002) en het Zwitsere Easy-programma (analyse methodiek voor aandrijfsystemen). Voor de Pilot is dit vereenvoudigd naar 4 stappen. Per analyse-stap zijn eenvoudige tools beschikbaar (te weten Sotea, ILI, STR<sup>2</sup>) en een uitgebreide analyse tool MST (Motor Systems Tool). Voor de rapportage is een standaard format beschikbaar, evenals een checklist met minimum vereisten van de auditrapportage.

### B. Audits

Uitvoering van een 30-tal audits bij industriële bedrijven, gericht op de identificatie van investeringen voor efficiënte aandrijvingen met analyse van technische en economische haalbaarheid van meest kansrijke opties. Een subsidie van EUR 2.200 is beschikbaar voor de auditors als dekking van een deel van de kosten voor uitvoering van de audits. De industriële bedrijven leveren een in-kind bijdrage bij de uitvoering.

### C. Rapportages, communicatie en voorbereiden van vervolgstappen.

Werkzaamheden voor uitvoering van het pilot programma en voorbereiding van vervolgvactiteiten met onder meer: communicatie, begeleiding en monitoring pilot audits; voorbereiden van Voucherplan; rapportage Pilot-resultaten.

## 2.5 Resultaten van het project

### 2.5.1 Audits

#### **Aantal uitgevoerde audits**

Aan het Pilot auditprogramma hebben 27 bedrijven deelgenomen, bij welke in totaal 30 audits zijn uitgevoerd. Dit zijn bedrijven uit een tiental verschillende sectoren.

Het merendeel van de audits (55%) is bij de grotere energie verbruikende bedrijven uitgevoerd: zeventien audits bij 14 bedrijven met meer dan 10 miljoen kWh/jaar aan elektriciteitsverbruik uitgevoerd, vijf audits (15%) bij 5 bedrijven met 1-10 miljoen en acht audits (25%) bij 8 bedrijven met minder dan 1 miljoen kWh/jaar aan elektriciteitsverbruik, zie Tabel 1.

Bij afsluiting van het programma zijn er 25 audits met resultaat (d.w.z. met rapportage) opgeleverd, zie Tabel 2. In de overige vijf gevallen bleek er bij de bedrijven te weinig vooruitgang te zijn geboekt om tot een volledige rapportage te kunnen komen. Redenen hiervoor zijn het gebrek aan beschikbare data (van energie, installaties), een gebrek aan tijd in het bedrijf voor ondersteuning van de auditor, en in een enkele gevallen ook een gebrek aan opvolging bij het auditbedrijf zelf.

---

<sup>2</sup> Sotea: Software tool for the estimate of energy efficiency; ILI Plus: Intelligent Motor List; STR: Standard Test Report. Excel-based tools made available for the Pilot.

Het beeld naar energieverbruiksomvang is dan: 66% (17 audits) is bij de grotere energie verbruikende bedrijven uitgevoerd, 15% (4 audits) bij de middengroep en 15% (4 audits) bij bedrijven met minder dan 1 miljoen kWh/jaar aan elektriciteitsverbruik.

Sector	Aantal audits	<1mln GWh	1-10 GWh	>10mln GWh
Bouwmaterialen	1		1	
Chemie	6		1	5
Glasproducten	3			3
Grondstoffen bouwmat.	2	2		
Kunststof producten	2			2
Logistiek	1	1		
Metaal	9	2		7
Metaal coatings	1		1	
Rubber	1	1		
Verpakkingen	1		1	
Voeding	3	2	1	
<b>Totaal</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>17</b>

Tabel 1 Audits naar sector en omvang energieverbruik

Sector	Aantal audits	<1mln GWh	1-10 GWh	>10mln GWh
Bouwmaterialen	0			
Chemie	6		1	5
Glasproducten	3			3
Grondstoffen bouwmat.	2	2		
Kunststof producten	2			2
Logistiek	1	1		
Metaal	7			7
Metaal coatings	1		1	
Rubber	0			
Verpakkingen	1		1	
Voeding	2	1	1	
<b>Totaal</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>17</b>

Tabel 2 Afgeronde audits met naar sector en omvang energieverbruik

### Resultaten uitgevoerde audits – hoofdlijnen

De resultaten van de audits per sector laten besparingen zien tussen 10% tot 18% t.o.v. het startverbruik van de onderzochte aandrijfsystemen, zie Tabel 3, met een gemiddelde besparing voor alle audits van 12%. De totaal geïnventariseerde besparingen bedragen 24 GWh/jaar met een inkoopwaarde van 1,4 miljoen euro. De rentabiliteit van de maatregelen in gemiddelde terugverdientijd bedraagt 3,0 jaar bij een totale (meer)investering voor implementatie van 4,25 miljoen euro.

Sector	Energie		Besparingen				Economie		Emissie
	Elektriciteit totaal MWh/jaar	Aandrijfsysteem 0-situatie MWh/jaar	1-situatie MWh/jaar	op aandrijf-systeem %	energiekosten 1-situatie EUR/jaar	Investering PJf/jaar	Rentabiliteit TVT jaar	reductie ton CO2/jaar	
Voeding	1.440	1.073	156	15%	12.000	0,00	261.000	21,4	87
Chemie	58.496	23.575	4.283	18%	295.000	0,02	1.012.000	3,4	2.381
Metaal	234.153	73.695	9.040	12%	483.000	0,03	1.756.000	3,6	5.026
Kunststof	25.900	10.145	1.397	14%	76.000	0,01	274.000	3,6	777
Glas	146.439	88.350	8.421	10%	490.000	0,03	789.000	1,6	4.682
Overige	6.899	5.899	837	14%	61.000	0,00	172.000	2,8	465
<b>Totaal</b>	<b>473.000</b>	<b>203.000</b>	<b>24.100</b>	<b>12%</b>	<b>1.417.000</b>	<b>0,1</b>	<b>4.264.000</b>	<b>3,0</b>	<b>13.418</b>

Tabel 3 Resultaten audits per sector

De mate waarin alle aandrijvingen in de audit zijn opgenomen verschilt: afhankelijk van de beschikbaarheid van data (over energieverbruik en assets) en resources bij het industriële bedrijf, en van het soort productiefaciliteit (type productieprocessen, bedrijfsvoering, type aandrijvingen, schaalgrootte van het bedrijf) is een kleiner of groter deel van de 'assets' in de audit opgenomen. Zo is bijvoorbeeld in een aantal audits in detail ingezoomd op specifieke aandrijfsystemen, is in een aantal audits aandacht gegeven aan (verbeterde) energiemonitoring en procesregeling, en is in veel gevallen een top 5 of top 20 van aandrijvingen op besparingsmogelijkheden geanalyseerd.

Als gevolg van deze praktische punten is de uitwerking van de laatste analyse-stap (analyse van mogelijkheden voor optimalisaties en identificatie van besparingspotentieel van specifieke systemen) verschillend, en dekt de audit niet in alle gevallen alle aandrijvingen op de productiefaciliteit, en/of zijn de analyses niet in detail uitgewerkt voor bijvoorbeeld de mechanische componenten van de pomp-, ventilator- en compressorsystemen.

#### Extrapolatie van resultaten

Op grond van bovenstaande punten kan de volgende benadering worden gemaakt: 1) met extrapolatie voor het deel niet-in-de-audit-opgenomen aandrijvingen (aandrijvingen bepalen gemiddeld 70% van het industriële elektriciteitsverbruik), en met 2) een conservatieve inschatting van extra besparingen door verdergaande detail-besparingsanalyses (zgn. systeemanalyses), kan het besparingspotentieel worden geraamd op 60 tot 65 GWh/jaar, gelijk aan 15% tot 16% op het verbruik van de aandrijfsystemen, gelijk aan 0,22 tot 0,23 PJ finaal elektriciteitsverbruik.

Voor een verder onderbouwde detaillering van bovenstaande extrapolatie naar een nationaal besparingspotentieel is een gedetailleerdere, diepere analyse nodig waarin bijzonderheden worden meegenomen naar type sectoren en bedrijven, stand van de techniek, productiepark en andere relevante kenmerken.

Met een 1-op-1 vertaling naar de nationale situatie en een finaal elektriciteitsverbruik in de Nederlandse industrie van 132,9 PJ, betekent een besparingspotentieel van 15%-16% op het aandrijvingen-deel een besparing van 13,9 tot 14,9 PJ, gelijk aan 3,9 tot 4,1 TWh (finaal), gelijk aan 2,2 tot 2,3 Mton CO2 emissiereductie.

Dit potentieel ligt in lijn met andere studies, bijvoorbeeld de P6-25 studie uit 2020, waarin een (technisch) potentieel van 13,8 PJ gerapporteerd wordt voor het technologieveld 'motors and drives', aangevuld met een klein deel van het technologieveld 'ICT'.

#### **Resultaten uitgevoerde audits – details**

Het gedetailleerde beeld van auditresultaten per bedrijf laat zien dat de besparingen sterk uiteenlopen: van 6% tot 70% besparing op specifieke aandrijfsystemen, zie Tabel 4. Dit is terug te voeren op verschillen in het type bedrijf, in de geselecteerde aandrijfsystemen en in de mate van detaillering van de business cases in de audits. Bedrijven met hoge bedrijfstijden, productielijnen met pomp- en ventilatiesystemen, assets/equipment op leeftijd (ouder dan 20 jaar) en beperkte voorziening voor efficiënte regelingen laten een hoger potentieel zien dan gemiddeld.

De auditors hebben ieder een invulling gegeven binnen de marges van het format van de Pilot, al naar gelang de situatie bij en voorkeuren van het bedrijf.

Voorbeelden van het type maatregelen en business cases:

- Vernieuwen van oudere elektromotoren (<15 jaar en ouder) voor hoog efficiënte elektromotoren, IE4 of IE4/IE5 (SynRM – FR-aangestuurd); soms ook kleiner gedimensioneerd (kW).

In een aantal gevallen is deze maatregel voor bijvoorbeeld de top-20 van het bedrijf uitgewerkt, in andere gevallen voor een groter deel van de assets, tot een verzameling van 120 assets (aandrijvingen).

- Toepassen van toerenregeling, met een magneetkoppeling (voor permanente toerenverlaging) of met een frequentieregelaar (VFD, voor variabele aansturing in toeren).

- Toepassen van verbeterde regeling, bijvoorbeeld met aan/uit-regeling, toerenregeling en vraagsturing. In enkele gevallen ook het juist instellen van de aanwezige regeling. In enkele gevallen bleken bepaalde systemen gewoon te kunnen worden uitgeschakeld.
- Vernieuwen van de gedreven applicatie, mn. pompen, met een juiste dimensionering e/o uitgelegd voor het juiste werkpunt.
- Verbeteren van de transmissies, bv. verminderen van aantal riemen i.c.m. toevoegen van VFD.
- Invoeren van energie-monitoring op de aandrijvingen, en invoeren van systematische verwerking en gebruiken van de gegevens middels energiemangement-systematiek.
- Verbeteren van het betrokken proces door middel van aanpassingen aan procesapparatuur, bijvoorbeeld een droger. Voor dit soort aanpassingen is veelal verder onderzoek nodig, bijvoorbeeld het doen van metingen, het betrekken van een procesengineer en soms de leverancier van de apparatuur, in dit geval een droger.

Sector	Elektriciteit	Besparingen			Economie		Emissie reductie ton CO2/jaar
	Verbruik Aandrijvingen kWh/jaar	Potentieel kWh/jaar	Aandeel in verbruik %-aandr.	Energie- kosten EUR/jaar	Investing TVT EUR	jaar	
1 Voeding	860	70	8%	5.200	53.300	10,3	38
2 Verpakkingen	4.350	710	16%	48.200	100.000	2,1	394
3 Metaal coating	2.020	170	8%	11.700	38.400	3,3	96
4 Metaal	4.000	1.150	29%	49.600	41.800	0,8	641
5 Metaal	1.100	420	38%	17.900	36.000	2,0	232
6 Metaal	22.700	460	2%	19.700	700.000	17,6	258
7 Voeding	220	90	41%	7.000	207.500	29,5	49
8 Chemie	610	430	70%	21.600	64.600	3,0	240
9 Kunststof	880	290	33%	14.600	16.400	1,1	162
10 Metaal	3.690	250	7%	15.700	21.000	1,3	138
11 Metaal	14.500	2.610	18%	126.300	604.000	4,8	1.448
12 Kunststof	9.260	1.100	12%	61.900	257.800	4,2	614
13 Metaal	18.170	1.280	7%	93.400	135.600	1,5	712
14 Chemie	2.100	640	30%	44.700	91.600	2,0	355
15 Glas	4.400	260	6%	18.900	62.400	3,3	144
16 Chemie	3.650	630	17%	37.600	187.800	5,0	348
17 Chemie	4.110	620	15%	53.100	267.800	5,0	343
18 Metaal	7.520	2.700	36%	148.500	178.900	1,2	1.501
19 Glas	42.350	4.550	11%	255.000	286.600	1,1	2.531
20 Glas	41.600	3.610	9%	216.600	440.300	2,0	2.007
21 Grondstoffen	630	60	10%	6.500	26.000	4,0	36
22 Grondstoffen	280	30	11%	2.700	17.700	6,6	15
23 Logistiek	630	40	6%	4.000	28.000	7,0	20
24/5 Chemie	13.100	1.970	15%	137.800	399.900	2,9	1.095
<b>Totaal</b>	<b>202.730</b>	<b>24.140</b>	<b>12%</b>	<b>1.418.200</b>	<b>4.263.400</b>	<b>3,0</b>	<b>13.418</b>
Gemiddelde waarde	8.110	970		56.700	170.500		

Tabel 4 Resultaten audits per bedrijf

## 2.5.2 Opmvolging van audits - implementatie

Bij aanvang van de audits is door de bedrijven uitgesproken dat 'goede business cases' in principe ook uitgevoerd gaan worden. Uit de (beperkte) feedback van de bedrijven komt een beeld naar voren dat dit voor enkele cases ook zo is – directe realisatie, maar in de meeste gevallen kan dit niet direct intern worden opgevolgd d.m.v. realisatie maar (moeten) eerst de volgende stappen worden gevolgd:

- Bij de grotere business cases zal het bedrijf intern een bevestigingsonderzoek uitvoeren naar de waarde van de business case; kloppen de berekeningen, welke verdere informatie is nodig, en kan de volgende stap worden gezet:
- Nadere uitwerking van de business case(s) met onder meer basic en detailed engineering, en daarna indienen van een budgetteringsaanvraag



- Nader onderzoek is nodig, zoals het doen van extra metingen; soms moet daarvoor een extra meetpunt, sensor worden geïnstalleerd. In een enkel geval kan dat pas bij de eerstvolgende stop, medio 2022. Pas daarna kan de meting starten worden en kan een verdere uitwerking volgen.
- Voor de maatregel ‘vernieuwen van elektromotoren’ geldt veelal dat dit over een langere periode moet worden uitgesmeerd – wanneer de maatregelen betrekking heeft op een grotere groep van elektromotoren. Het vraagt om een planmatige aanpak: vanwege de benodigde investeringen, levertijden, mankracht.
- De business cases met een investering moeten in alle gevallen concurreren met andere investeringsvoorstellen. Afhankelijk van het type bedrijf (bv. onderdeel van een multinational of een MKB-bedrijf) komen de cases op een lijst, waar vervolgens prioritering wordt gedaan. Afhankelijk van factoren als compliance, beschikbaar investeringsbudget, budget voor OPEX (bv. onderhoud), operationele doelen (KPIs) wordt de case in een planning opgenomen.

Wat betekent dit voor de realisatiegraad of -snelheid waarmee bedrijven het gerapporteerde besparingspotentieel gaan realiseren? Uit feedback van de auditors en de bedrijven komt het volgende beeld naar voren: bij benadering wordt 25% van het energiebesparingspotentieel direct door de bedrijven in projecten tot uitvoering gebracht. Naar verwachting zal dit binnen 1 tot 3 jaar oplopen tot in totaal 65% tot 70% (van de gerapporteerde besparingsmogelijkheden). De overige besparingsmaatregelen zijn te scharen onder ‘natuurlijk vervangingsmoment’ (circa 20%) en niet op afzienbare termijn (10%).

Een tweede element in het resultaat van de audits is ‘vervolgwerk’. Het blijkt dat de audit zaken in gang zet bij een aantal bedrijven. Bijvoorbeeld in de directe start met het implementeren van energiemonitoring. Dit heeft bredere positieve gevolgen voor het onderwerp energiebesparing; de focus wordt niet alleen op aandrijvingen gelegd maar wordt breder en richt zich ook andere energie verbruikende processen. In enkele gevallen wordt er een start gemaakt met een meer systematische benadering van energiebesparing.

## 2.6 Conclusies en Aanbevelingen

In deze paragraaf zijn de resultaten opgenomen van een evaluatie met de auditors en met een industrieel bedrijf. Drie tabellen laten de plussen en minnen zien naar achtereenvolgens de Auditmethode, de Auditors en de Industrie.

### Auditmethode

Aspecten	Plus	Min
Rapport format	+ Volgt structuur vlgs auditstappen, maar	- Weinig 100% gevolgd vanwege rapportagelast voor auditor - Een deel van de Auditors is geen rapport-schrijver
Audit tools	+ Uitgebreide set van tools, voor intake, grove analyse, testrapportage en business case berekening (fijn analyse) + Tools zijn leveranciersafhankelijk, gebaseerd op ruik IEC-standaarden + Maakt selectie van top20/top5 eenvoudig	- De Excel-based tools blijken niet praktisch genoeg; het is bv. niet mogelijk om grotere sets van motordata te importeren - De data (ILI) dient te worden geupdate: met IE4/IE5 efficiencies (SynRM motoren), effecten wel/geen VFD, en de betreffende prijsinformatie - Het gebruiken van het MST tool vergt enige oefening voor de auditors (nb: Motor Systems Tool, van EMSA)

Zie volgende bladzijde voor vervolg

Vervolg van tabel

Aspecten	Plus	Min
Kwaliteit (rapport/audit)	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Goede rapportages in meerderheid van gevallen</li> <li>+ Na feedback verder aangepast, volledig gemaakt</li> <li>+ Systeem-optimalisaties in concrete business cases</li> </ul>	<p>Exemplarisch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Groot aantal rapporten heeft betrekking op een deel van het el.-verbruik (&lt;60%); oorzaak bij klant ligt in gebrek aan gegevens; en bij auditor: gehanteerde scope</li> <li>- Ontbreken van goede omschrijving van nul-situatie in enkele gevallen</li> <li>- Business case op hoofdlijnen uitgewerkt; niet altijd op niveau van bv. MST-berekening</li> <li>- Beperkte aandacht voor 'systeem', d.w.z. optimalisaties die verder gaan dan de motor en eventueel de regeling optimaliseren. Hiervoor is nog verdere ruimte (en dus potentieel); belangrijke reden hiervoor is tijd/geld (voor de analyses).</li> </ul>
Kosten/baten	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Geen out-of-pocket voor industrie-deelnemer; deelname is daarmee laagdrempelig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uren nodig om de benodigde gegevens van klant te krijgen; en om de berekeningen te maken.</li> <li>- De kosten liggen voor een belangrijk deel bij de auditor, waar slechts een relatief kleine vergoeding tegenover staat.</li> </ul>
<b>Conclusies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De Auditmethode kan versimpeld worden, zonder aan effectiviteit in te boeten.</li> <li>• Kosten/baten zijn niet in evenwicht, de uitvoeringskosten liggen te eenzijdig bij auditor; daarmee ontstaat risico op – meer dan wenselijke - focus in aanvang al op 'business'</li> <li>• Rapportage format zou beknopter kunnen, met kerninformatie als omschrijving 0-situatie en 1-situatie, berekening van de Business case (bv. uitdraai van MST), en aanbevelingen voor vervolg.</li> <li>• Systeembenadering vraagt een bredere blik van de auditor.</li> </ul>	

**Auditors**

Aspecten	Plus	Min
Kennis	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Diepgaande kennis op vakgebied</li> <li>+ Bereidheid om kennis bij partners te halen (bv. pomp), frequentieregeling, elektro-infra</li> <li>+ Een aantal audits is tot stand gekomen in samenwerking vanuit verschillende bedrijven, disciplines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weinig auditors met brede(re) blik op systemen</li> <li>- Slechts een enkeling bereidt om alle energiestromen mee te nemen</li> <li>- Enkele auditors gaandeweg afgehaakt, vanwege complexiteit van audit, aandrijfsystemen</li> <li>- Gecombineerd met twijfel of investering in kennis de moeite waard is (vanwege achterblijvende vraag)</li> <li>- Enkelen beperken zich daarmee bewust tot eigen elektrotechnische werkveld</li> </ul>
Motivatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Met focus en inzet blijkt een enkel auditbedrijf goed in staat om het auditconcept bij de industrie te brengen en goede resultaten te boeken in de audits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aantal van de beoogde audit bedrijven (aanvragers) doet niet mee</li> <li>- Aantal aanmeldingen van industriële bedrijven vanuit het eigen netwerk is zeer beperkt</li> </ul>

<b>Conclusies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Slechts een beperkt aantal auditors is bestendig actief in de Pilot; dit zijn wel productieve auditors, die de Pilot dragen</li> <li>• Tegenvallende interesse en inzet vanuit de KEEA-lidbedrijven, evenals een lage interesse vanuit de industrie, leveren samen het beeld van een onvolkomen markt'</li> <li>• Opschaling en snelle doorloop van de Pilot bleek daarmee moeilijk(er) te realiseren.</li> </ul>
-------------------	--

## Industrie

Aspecten	Plus	Min
Segmentatie	+ Van groot tot klein(er) bedrijf deed mee aan de Pilot	
Motivatie	+ Groeiende interesse vanuit de industrie + De propositie is goed maar vraagt wel om verduidelijking	- Hoge drempel om daadwerkelijk mee te doen
Propositie	+ Support van RVO biedt goed platform voor entree + Auditpartners volgen een TCO-benadering en richten zich op oplossingen die de betrouwbaarheid verhogen en de kosten verlagen	- RVO voert in het kader van het 9 PJ covenant ook de rol van handhaver; enkele bedrijven maakt dit terughoudend in het delen van bepaalde informatie - Voor een enkel bedrijf reden om niet mee te doen
Feedback industrie	+ Onafhankelijkheid van de audit (de methode & betrokkenheid van RVO) + Geen out of pocket kosten + Waardevolle audit-rapportage, zet zaken in gang bij het bedrijf	
Feedback industrieel concern	+ Over gecombineerde aanpak (meerdere auditors): centrale aansturing met duidelijk eigenaarschap en rolverdeling werkt goed om expertise te combineren tot één overkoepelend doel + Analyse van rotating equipment door de lens van energie-efficiëntie legt onderliggende tekortkomingen op het gebied van betrouwbaarheid en onderhoudspraktijken bloot + Externe partijen die verbeteringen voor assets voorstellen, openen ogen voor kansen die bedrijf zelf misschien niet had bedacht + Externe gespecialiseerde partijen hebben tijd voor metingen en analyses wat het bedrijf zelf niet had + Als meer dan één partij dezelfde activa analyseert, biedt dit waardevol inzicht in 'ruis' en manipulatie van businesscases + Het netwerkeffect dat begon in de rotating assets heeft geleid tot een veelbelovende samenwerking met een grote externe investeringspartij	- Te veel betrokken partijen (in een audit) geeft risico op belangenconflict en te veel afstemming (noodzaak op één lijn te blijven) - (Concern-aanpak/pilot) onvoldoende uniformiteit in aanpak, levert verschillende rapporten & cijfers. Onderlinge toetsing (validatie) daarmee lastig. - Niet volgen van stapsgewijze aanpak, maar cherry picking - Fabrieken laten bepaalde partijen onderhoud doen aan hun activa en velen zijn niet bereid om nieuwkomers (auditors) toe te laten vanwege extra training en hogere veiligheidsrisico's. - Te sterke focus op commerciële mogelijkheden (verkoop van equipment), ten koste van het geven van een eerlijk advies, wat leidde tot vertrouwenskwesaties. - De validatie van businesscases, om te zorgen dat het advies niet bevooroordeeld was, kostte veel tijd - 30% besparing is interessant in % maar niet helemaal in absolute termen, vergeleken met het totaal verbruik.

<b>Conclusies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een auditor zou de analyses moeten uitvoeren (onafhankelijk van equipment leveranciers) en de rapportage opstellen, waarna het bedrijf zelf de voorkeursoplossing kan kiezen en die vervolgens kan uitvoeren met contractors naar keuze</li> <li>• Door de audit zelf te betalen zit het bedrijf aan het stuur en kan het directe terugkoppeling geven over resultaat.</li> <li>• Audit als een perslucht-lekkage audit; dat zou aantrekkelijk zijn; je betaalt, je krijgt een rapport, en je kunt zelf beslissen wat je met de informatie doet</li> <li>• Behoeft aan meer onbevooroordeelde, betrouwbare resultaten. Kleinere bedrijven hebben misschien niet de kennis in huis om de businesscases uit te dagen</li> <li>• De roterende audits brachten zeer inefficiënte praktijken en apparatuur op de site aan het licht</li> <li>• Met de pilot weten we nu beter wat er nodig is voor een audit; en kunnen we dit efficiënter doen</li> <li>• De audit zet zaken in gang bij een aantal bedrijven, bijvoorbeeld een directe start met het implementeren van energiemonitoring. Dit heeft bredere positieve gevolgen voor het onderwerp energiebesparing; de focus wordt niet alleen op aandrijvingen gelegd maar wordt breder en richt zich ook andere energie verbruikende processen.</li> <li>• Voor de service-industrie leidt dit bijkomstig werk, opdrachten.</li> </ul>
-------------------	--

## 2.7 Aanbevelingen - mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten

Op basis van de gerapporteerde audit-resultaten en conclusies over de werkwijze, audits en deelnemers worden de volgende aanbevelingen gegeven:

### Audit-methode, techniek

- Vereenvoudig het audit-rapportage format, om zo de drempel voor deelname door auditors en industrie te verlagen; de vereenvoudiging leidt tot lagere uitvoeringskosten. Een vereenvoudigd format is opgenomen in Bijlage I Audit format voor een energieonderzoeksverplichting elektrische aandrijfsystemen in het kader van verbreding van de energiebesparingsplicht voor bedrijven >10 mln kWh.
- Maak een trainingsopzet beschikbaar voor auditors, waarmee zij getraind kunnen worden in het gebruik van de tools (mn. ILI<sup>3</sup> en MST) en het opstellen van business cases.
- Actualiseer het ILI-tool met nieuwste technologie (IE4/IE5, ICT-toepassingen), zodat het besparingspotentieel volgens de laatste stand van de techniek wordt berekend; voeg ook verbeterde detailleringen toe voor het toepassen van toerenregeling, en voor invoer van grote hoeveelheden data.

### Organisatie, Uitvoering

- Zorg bij grote industriële bedrijven voor een goede 'governance', d.w.z. inbedding in de organisatie, het betrekken van de juiste mensen van de juiste afdelingen (bv. operations, finance, energy, technology, management), zodat de audit en de resultaten voldoende draagvlak krijgen.
- Zorg voor duidelijk besluitvorming over de verschillende audit-stappen (de tussenresultaten).
- Zorg dat de werkvloer (operators) tijdig betrokken worden bij analyses en resultaatbeoordeling; bij voorkeur vanaf de vroege start van de analyses.
- Zorg voor tijdige budgettering en planning (van de investeringen) om realisatie van de audit-resultaten (de business cases) te borgen.

<sup>3</sup> ILI = Intelligent Motorlist, excel-based tool om elektromotorsystemen te kunnen rangschikken en analyseren. MST = Motor Systems Tool, rekentool om een elektromotorsysteem door te rekenen en te optimaliseren naar efficiency en energieverbruik.

- Overweeg of borging van de onafhankelijkheid van de analyses extra aandacht verdient, bijvoorbeeld door een onafhankelijke derde bij te schakelen bij de audit. Dit kan aan de orde komen bij wanneer de audit deel uitmaakt van/raakt aan grotere projecten en/of complexere processen.
- Zorg voor een betere verdeling van de kosten voor de audit tussen auditor en industrieel bedrijf<sup>4</sup> door het industriële bedrijf voor een deel van de auditkosten te laten betalen. Op deze wijze kan de auditor de audit kostenneutraal uitvoeren, waarbij de onafhankelijkheid van de analyses wordt geborgd door een duidelijke knip tussen de audit en de vervolgstappen voor inkoop en realisatie van de business cases.

## **Beleid**

- Ontwikkel initiatieven vanuit de branches en toeleveranciers om de groep van auditors te vergroten; dit is een voorwaarde voor een bredere snellere uitrol van de audits in de industrie. Een voorbeeld mogelijkheid ligt in het betrekken van energie-adviseurs bij dit initiatief.
- Zorg daarbij ook voor een meer uitgebreide training van deze (aanstaande) auditors; Ontwikkel een trainingsopzet (zie 2e aanbeveling onder Audit-methode, techniek) en maak deze beschikbaar voor de grotere groep van mogelijke auditors.
- Inventariseer daarvoor ook mogelijkheden om dit op te nemen in 'nascholing' en/of als 'vaktechnische training' beschikbaar te maken.
- Voorzie in een voortgezette, langdurige communicatie over de mogelijkheden van efficiënte aandrijvingen, goede business cases en de samenhangende bedrijvigheid voor de toelevering.
- Ontwikkel initiatieven om de technische servicesector de perspectieven voor uitbreiding van hun dienstverlening richting energie-efficiency en energie-advies te laten ontdekken. Laat daarbij business opportunity's zien van gerelateerd vervolgwerk bij de industrie.
- Versterkt hiertoe ook de samenwerking tussen (toe)leveranciers, system integrators en adviseurs gericht op optimalisatie van de componenten en systemen van energie verbruikende (aandrijf)systemen in de industrie.

## **Spin-off & Vervolg**

### **Project P625**

Tijdens de uitvoering van het Pilotprogramma is er actief input en feedback gegeven aan Project 6-25<sup>5</sup>. Zo is er tijdens de Validatiestudie expertise-input gegeven en worden er twee proefprojecten uitgevoerd waarbij 'Aandrijvingen' een centrale rol innemen (een project in de Financiële Werkgroep en een als zgn. Launch project).

De validatiestudie laat zien dat 'Aandrijvingen' een technologieveld is met een belangrijk besparingspotentieel, een veld met een directe lijnen/verbindingen naar het technologieveld 'ICT', en dat gezamenlijke implementatie, d.w.z. efficiënte aandrijvingen met ICT-toepassingen, elkaar kunnen versterken.

### **Trainingen, Tools**

De beschikbaarheid van tools en mn. kundige auditors is voorwaardelijk voor een verdere uitrol. Het Motor System Tool (MST tool) biedt een onafhankelijk en toegankelijke rekentool. Het tool is ontwikkeld in het Electric Motor Systems Annex (onderdeel van het IEA TCP 4E EMSA), waarin Nederland deelneemt. Inspanningen om het tool verder toegepast te krijgen zijn zinvol. Vanuit

<sup>4</sup> In de Pilot waren er geen out of pocket kosten voor het industrieel bedrijf; per audit was een subsidiebedrag van 2.200 Euro beschikbaar voor de auditor.

<sup>5</sup> Zie <http://www.6-25.nl/> Het Project P6-25 is een programma dat de industrie ondersteunt bij het bereiken van een substantiële vermindering van hun CO2-voetafdruk. Het wil dit bereiken door een programmatische aanpak voor het versnellen van de implementatie van beproefde en energie-efficiënte technologieën met solide businesscases door een slimme samenwerking van de hele supply chain.

EMSA is hier aandacht voor, waarbij Nederland mede initiator kan zijn. Vanuit de deelnemende landen zijn er mogelijkheden om met assistentie van EMSA bijvoorbeeld trainingen te organiseren en hulpmaterialen te ontwikkelen.

Een tweede rekentool is ILI. Dit tool is aangepast voor en gebruikt in de Nederlandse Pilot. Dit tool maakt de eerste snelle analyses van systemen mogelijk en inzichtelijk, op onafhankelijke wijze (want werkend met onafhankelijke waarden en rekenregels).

### ***Kennisnetwerk KEEA uitgebreid***

Al in het begin van de Pilot is de brancheorganisatie NLdigital aangeslotene bij het Kennisnetwerk KEEA. NLdigital is de branchevereniging van de digitale sector. De verbinding van digitale technologieën en transformatie met onderwerpen als energie-efficiency en verduurzaming heeft de aandacht. Directe uitwisseling vindt plaats via projecten en evenementen als bijvoorbeeld de MJA ICT bedrijvendag.

### ***Nieuwe Technologieën***

De beschikbaarheid en ontwikkeling van ICT-producten en -diensten voor condition based monitoring van assets, voor energieanalyses van assets en processen, en energie monitoring bieden mogelijkheden voor optimalisaties van elektrische aandrijvingen.

In een aantal gevallen zijn dit soort toepassingen, bijvoorbeeld monitoring, voorwaardelijk om snel eerste analyses te kunnen doen. De technieken bieden echter ook nieuwe mogelijkheden, mn. voor systeem-optimalisaties. De toevoeging van nieuwe algoritmes gaat extra mogelijkheden bieden om besparingsmogelijkheden te vinden, en zo optimaal mogelijk in te richten.

Het verdient aanbeveling op deze ontwikkelingen te monitoren en waar mogelijk de toepassing en verdere ontwikkelingen te stimuleren, mogelijk te maken.

### 3. Uitvoering van het project

#### 3.1 De problemen (technisch en organisatorisch)

De volgende problemen speelden bij de voorbereiding en uitvoering van het project:

##### Organisatorisch

- Onvoldoende deelname van auditors (auditbedrijven) vanuit de KEEA-achterban. Een deel van de bedrijven die op voorhand enthousiast waren over de Pilot bleken bij de aanvang terughoudend te zijn om een/meerdere medewerkers aan het project te laten deelnemen. Als redenen hiervoor werd aangegeven: gevulde orderportefeuille, te weinig resources om aan dit project deel te nemen, te veel buiten het reguliere werk, waardoor deelname betekent investeren in kennisontwikkeling, inschatting (van directie) dat deelname te weinig direct rendement (financieel) gaat opleveren (kosten/baten).
- Lange aanloop tussen het eerste voorstel – in de loop van 2017 ontwikkeld en eind 2017 ingediend, en de uiteindelijke subsidietoekenning in december 2018. Het oorspronkelijke animo bij een aantal audit-bedrijven bleek wat te zijn weggezakt (zie ook eerste punt).
- Beperkte vraag, interesse vanuit de industrie in deelname. In de planning is ervan uitgegaan dat een deel van de audits bij bedrijven uit het eigen netwerk van de KEEA-bedrijven kan worden gedaan. Uiteindelijk is dat bij slechts 10% van de audits het geval geweest. De andere 'aanvoerroute' is die via algemene werving en communicatie over het programma. Dit is uiteindelijk goed gelukt, maar het traject kende een lange aanloop.
- Industriële bedrijven bleken niet snel te schakelen op het moment dat deze propositie voorbijkwam. Dit is voor zover ons bekend terug te voeren op onder meer:
  - o Volle agenda's van de verantwoordelijke medewerkers; men moet prioriteiten stellen en (extra) tijd inruimen om een audit te (laten) uitvoeren.
  - o Voorkeur om aan andere energie-onderwerpen te werken, bijvoorbeeld reduceren warmtevraag processen
  - o Ontbreken van mandaat om überhaupt tijd aan dit onderwerp te besteden.
- Lange doorlooptijd van audits, van het Pilot programma. Het laatste deel/jaar is Corona een vertragende factor geweest. Daarnaast de trage start (laag animo bij auditors en industrie). Derde element is de lange doorlooptijd van project (audits): dit neemt al snel 4-6 maanden in beslag.  
Ter illustratie: in het laatste half jaar zijn enkele lopende audits alsnog niet tot een volledig einde gebracht. De auditors in kwestie hebben andere prioriteiten gelegd, een enkeling is bij het bedrijf vertrokken zonder opvolging te regelen. Bij een ander bedrijf is er na een enthousiaste start toch niet voldoende informatie aangeleverd om de audit volledig te kunnen uitvoeren.

##### Technisch

- Bij enkele auditors onvoldoende kennis van e/o ervaring met systeem-optimalisaties, analyses van samengestelde systemen, mn. pomp, ventilatie, compressoren e.d., ervaring met het opstellen van audit-rapportages, werken met Excel en rekentools.
- De beschikbare tools voor de audit werden niet direct door alle auditors gebruikt; (tijd nemen voor) gewenning ontbrak.
- Enkele auditors hebben na een eerste audit andere prioriteiten gelegd, en zijn de facto gestopt met deelname. Een andere auditor heeft zijn gestarte audit 'overgedaan' aan een collega-auditor; de gevraagde inzet van de auditor bleek bij nader inzien te hoog (tijd/rendement).
- Een ander auditbedrijf was niet in staat om iemand op dit auditprogramma te zetten, wegens ziekte, onderbezetting e.d. Enkele andere auditbedrijven hebben nooit een serieuze start gemaakt met deelname als auditor.

### 3.2 Toelichting op wijzigingen ten opzichte van het projectplan

Bij de uitvoering van het project zijn alle onderdelen uit het projectplan uitgevoerd. Bij afsluiting van het programma zijn er 25 audits met resultaat opgeleverd. In de overige vijf gevallen bleek er bij de bedrijven te weinig vooruitgang te zijn geboekt om tot een volledige rapportage te kunnen komen. Redenen hiervoor zijn het gebrek aan beschikbare data (van energie, installaties), een gebrek aan tijd in het bedrijf voor ondersteuning van de auditor, en in een enkele gevallen ook een gebrek aan opvolging bij het auditbedrijf zelf.

#### Voucherregeling

Een van de doelstellingen van het pilotprogramma (zie 2.2) is dat bij een voldoende positief resultaat, de pilot vervolgd zou kunnen worden in een voucherregeling. Voor een positief besluit hierover is gekeken naar besparingen, uitvoerbaarheid en potentieel.

- De audits bevestigen het aanwezige energiebesparingspotentieel bij de bedrijven.
- Het potentieel in termen van interesse en deelname bereidheid bij de industrie is er wel, al 'liep en loopt het niet storm'. Er bleek een lange aanlooptijd nodig te zijn om het initiatief bekendheid te geven bij industriële bedrijven - en er spelen meerdere algemeen beperkende factoren een belangrijke rol: de beperkte capaciteit (resources) bij bedrijven voor dit onderwerp, beperkt mandaat van medewerkers om aan energiebesparing te besteden, het goed over het voetlicht krijgen van de propositie (audit concept, afzender, kosten/baten). Corona tenslotte bleek een grote vertragende factor het laatste jaar.
- De uitvoerbaarheid van een voucherregeling: voor een dergelijke regeling is een groter bestand aan auditors nodig: om de beoogde schaalgroote en snelheid daadwerkelijk te kunnen laten zien (snelheid bijvoorbeeld in het kader van IP2020). Gaandeweg de uitvoering van de pilot blijkt juist hier een beperking te zijn: het aantal deelnemende auditors is juist minder geworden.

### 3.3 Toelichting op verschillen tussen begroting en gemaakte kosten

Van het totale subsidiebedrag van EUR 123.580 is EUR 9.902 niet besteed (valt vrij). Dit betreft de niet-opgeleverde auditrapportages (4,5 x 2.200 EUR).

Op een belangrijk deel van de onderdelen is extra tijd besteed (in-kind) door het projectmanagement en de auditors:

- Een langere aanloop en doorlooptijd van het Pilotprogramma. De Corona-crisis heeft een extra vertraging gegeven;
- Een hogere tijdsbesteding per audit. De auditors hebben gemiddeld meer tijd dan de begrote 2-4 werkdagen nodig. In aantal gevallen het dubbele aantal dagen. Redenen: ontbreken van data voor analyses (extra doorlooptijd), extra bezoeken aan fabriek – inclusief eindgesprek, bewerkelijkheid van analyses. Programmamanager heeft aanzienlijk meer tijd per audit aan begeleiding besteed. Dit zit in de werving, (soms) in de begeleiding van de auditor, reviews, en bij grotere bedrijven ook bezoeken e.d. De auditors hebben bij de evaluatie aangegeven dat de tijdsbesteding per audit varieerde, maar - zeker bij de grotere bedrijven – minimaal 1 tot 2 manweken bedraagt.
- Het projectmanagement heeft op alle 3 de project-hoofdonderdelen aanzienlijk extra werk geleverd. Dit is terug te voeren op de eerdergenoemde knelpunten als bijvoorbeeld het achterblijvend animo bij auditbedrijven en industrie, maar ook een te optimistische inschatting voor bijvoorbeeld de tijd nodig voor begeleiding van de audits; hiervoor is gerekend met 4 uur per audit.

### 3.4 Toelichting wijze van kennisverspreiding

De kennisverspreiding is uitgevoerd door de projectdeelnemers, t.w. projectmanager, auditors en partners. Hiervoor zijn enkele middelen samengesteld zoals een website, 2-tal flyers, algemene presentatie van het programma (voor auditors) in een eigen herkenbare stijl/afzender.



## Communicatie-uitvoering

- Website, websites partners, flyers, persberichten
- Artikelen via partners-kanalen
- Artikelen in vakpers, in nieuwsbrieven, social media
- Meetings auditors groep
  - o # workshops
  - o Evaluatie sessie
- Meetings industriesectoren en fora
  - o 10-tal presentaties van het programma op industriële events, congressen en bijeenkomsten
- Meetings individueel industrie en auditors
  - o 10-tal individuele bedrijfsbezoeken

Zie ook de tussenrapportages voor verdere detaillering.

### **3.5 Toelichting PR project en verdere PR-mogelijkheden**

Ter afsluiting worden een tweetal vakpersartikelen en een tweetal praktijkverhalen geschreven en gepubliceerd. Onder meer via de websites van KEEA en de partner-websites.

Vervolg PR zal worden uitgevoerd door de partners via onder meer de eigen kanalen (web, social media, direct), alsmede via andere initiatieven als bijvoorbeeld projecten in het kader van P6-25, en via evenementen als congressen e.d. in de nabije toekomst.

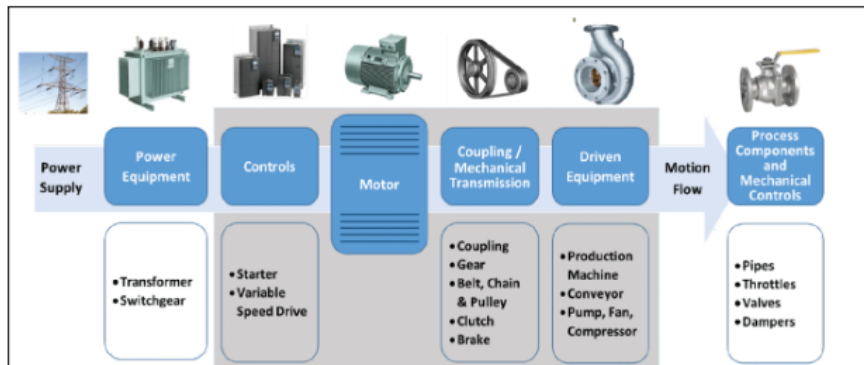
## **BIJLAGEN**

- I. Audit format voor een energieonderzoeksverplichting elektrische aandrijfsystemen in het kader van verbreding van de energiebesparingsplicht voor bedrijven >10 mln kWh

## Bijlage I

# Audit Format voor een energieonderzoeksverplichting elektrische aandrijfsystemen in het kader van verbreding van de energiebesparingsplicht voor bedrijven >10 mln kWh

De kern van een elektrisch aandrijfsysteem zijn een elektromotor en het aangedreven apparaat, zoals een pomp, ventilator, compressor, machine. Het systeem heeft verder een regeling, soms een overbrenging, en bijvoorbeeld in het geval van een pomp een leidingstelsel met kleppen e.d., zie Figuur 1.



Figuur 1 Aandrijfsysteem en de componenten [bron: IEC ACEE Case Study 2, Motors, 2018]

**Omschrijving:** uitvoeren van een energieonderzoek van elektrische aandrijfsystemen in een industrieel bedrijf (ofwel energiebesparingsanalyse).

### Definities

- Aandrijfsystemen: alle aandrijfsystemen met een elektromotor met een nomimaal vermogen vanaf 0,75 kW tot 1'000 kW.
- Energieonderzoek: systematische analyse van de energie verbruikende systemen met een elektromotor, met als doel het identificeren van mogelijkheden voor het verlagen van het elektriciteits- en energieverbruik van de systemen zelf en van gerelateerde energie verbruikende systemen in het bedrijf.

**Uitgangssituatie:** componenten van het aandrijfsysteem hebben een lagere efficiency dan de huidige best beschikbare technologie, bijvoorbeeld een elektromotor met een efficiency-klasse van IE2 of lager; of een pomp wordt geregeld met een smoorregeling; of de elektromotor en pomp worden te laag belast – en zijn daarmee niet goed gedimensioneerd voor hun taak.

**Toepasbaarheidsmoment:** de analyse kan op een zelfstandig moment worden uitgevoerd. De toepasbaarheid van de besparingsmaatregelen uit de analyse zullen deels op een zelfstandig moment en deels op een natuurlijk moment liggen. Een meerjarige uitvoeringsplanning is daarmee wenselijk.

**Mogelijke technieken:** dit betreft een lijst van mogelijke technieken en maatregelen, zie hiervoor paragrafen 2.2 en 3.

## 1. Scope van de analyse

### 1.1. Uitgangspunten en context

Elektrische aandrijfsystemen bepalen circa 70% van het industriële elektriciteitsverbruik. Dit zijn bijvoorbeeld systemen voor materiaaltransport-, pomp-, ventilator-, koel- en persluchtsystemen. Optimalisaties kunnen aanzienlijke besparingen opleveren.

De analyse identificeert overgedimensioneerde, oude en inefficiënte apparatuur, apparatuur met een verkeerde besturingsstrategie, lekkages en niet correcte toepassingen.

#### Bedrijfsspecifieke informatie

Benodigde informatie	Status / toelichting
Beschrijving van de bedrijfsactiviteiten	
Sector	
Activiteiten op locatie	

#### Uitgangspunten

Aandachtspunten, Benodigde informatie	Status / toelichting
Beschikbare gegevens vanuit de organisatie, bv. tekeningen, historisch energieverbruik, metingen	
Is een energiemonitoring systeem in gebruik, en zo ja, op welk (detail)niveau worden elektrische verbruikers gemonitord?	
Kopieën/data van metingen, kopieën van eerdere energie-efficiency studies	
De vertegenwoordiger van de organisatie verantwoordelijk voor energie/energie efficiency	

#### Context analyse

Aandachtspunten, Benodigde informatie	Status / toelichting
Geldende eisen vanuit de wet en regelgeving	
Geplande uitbreidingen	
Geplande aanpassingen en/of renovatie van installaties of installatiedelen die impact hebben op de energiehuishouding	

#### Aandrijving-gerelateerde aspecten

Aandachtspunten, Benodigde informatie	Status / toelichting
Is het management van de onderneming over het algemeen geïnteresseerd in het onderwerp?	
Wie kan binnen het bedrijf de auditor ondersteunen?	
Welke criteria worden gebruikt om energiebesparende maatregelen te rangschikken en/of te implementeren?	
Zijn er voldoende financiële middelen om energie-efficiëntie maatregelen uit te voeren?	
Onderhoudt de faciliteit een elektronische registratie van in-service- en reserve-motoren en -applicaties?	
Volgt de faciliteit een preventieve of predictive onderhoudsaanpak?	
Heeft de faciliteit een reparatie-beleid en/of vervangingsbeleid voor motoren die falen?	
Worden defecte motoren ter plekke gerepareerd of naar een reparatiewerkplaats gestuurd? Worden reparatie-best practices gevolgd?	
Worden nieuwe apparatuur- /installatiespecificaties ontwikkeld door eigen personeel of door personeel van een moedermaatschappij?	
Volgens welk tariefschema wordt energie geleverd?	
Exploiteert het bedrijf een warmte-krachtkoppeling? Zonnepanelen installatie?	

## 1.2. Energieverbruik

Specificatie van het energieverbruik per jaar, met energietarieven, -kosten, eventuele eigen opwekking van elektriciteit (WKK, PV, ed), en directe en indirecte CO2-emissies. Nb: omrekenfactor voor indirecte emissies: 0,5560 kg CO2/kWh.

### Energie & emissies

Energiedragers	eenheid	Energietarief EUR/eenheid	Energie Verbruik Unit *1.000/jaar	Energie Kosten EUR/jaar	CO2 emissies ton/jaar	CO2 kosten EUR/jaar
Elektriciteit	kWh					
Aardgas	m3					
Overige	..					
<b>TOTAAL</b>						

Tabel Energie en CO2 – verbruik en kosten

### Energie, elektriciteitsbalans

Machines, installaties elektriciteitsverbruik	Elektriciteits verbruik kWh*1'000/jaar	Percentage %	Vermogen kW
Productieproces 1, persen			
Productieproces 2			
Koud water plant			
Koeltoren			
Perslucht compressoren			
...			
<b>TOTAAL</b>		100%	

### Energie, gas/warmte-balans

Processen, installaties, gas/warmteverbruik	Gasverbruik m3*1'000/jaar	Percentage %	Vermogen kW
Productieproces a			
Productieproces b			
Stoomketel			
...			
...			
<b>TOTAAL</b>		100%	

## 2. Dataverzameling installaties

Deze paragraaf bevat het resultaat van de dataverzameling en de selectie van te onderzoeken aandrijvingen.

### 2.1. Data installaties

Detailtering van het elektriciteitsverbruik naar installaties met per elektromotor:

- Nominaal vermogen van de elektromotoren (in x kW)
- Bouwjaar en/of
- Efficiency-klasse (indien op typeplaatje vermeld, geregistreerd: bv. IE1,IE2,IE3,IE4 of geen efficiency)
- Type aangedreven apparaat: pomp, ventilator, koelcompressor, persluchtcompressor, andersoortige machine
- Aansturing: aan/uit (direct online), softstarter, frequentieomvormer (VFD)
- Regeling, transmissie: smoorregeling (kleppen), tandwielkast, riemen, koppeling (vloeistof, magneet)
- Bedrijfsuren per jaar > x uur (bijv.: x = 3.000 h)
- Belasting in de tijd, bijvoorbeeld <50%, 75% of 100% gedurende bedrijfstijd

Dekkingsgraad – de bovenstaande detailtering toepassen voor

- o Alle elektromotoren ouder dan 15 jaar en >15 kW, en/of
- o Alle elektromotoren >2500 bedrijfsuren per jaar,
- o Alle elektromotoren die niet geregeld zijn (aan/uit; hoog-laag, toerengeregeld) naar de procesvraag, en/of
- o Alle elektromotoren die een pomp en ventilatiesysteem (stromingssysteem) aandrijven
- o Samen goed zijn voor minimaal 80% van het elektriciteitsverbruik voor de aandrijvingen.

### 2.2. Analyses

De installaties uit bovenstaande lijst dienen vervolgens te worden doorgelicht op mogelijke verbeteringen. Hiervoor kan onderstaande lijst van indicatoren voor besparingspotentie worden gebruikt.

Elektromotoren

- Motoren met hoog energieverbruik (dwz kW \* bedrijfstijd \* belasting)
- Oude motoren (>ouder dan 15 jaar)
- Motoren met hoge onderhoudsvereisten
- Motoren met constant toerental, maar met variërende duty cycle
- Onderspanningsbedrijf (lage belasting, <60%)
- Spanningsonbalans
- Inefficiënte aandrijfsystemen (koppelingen, reductorkasten, riemen)

Pompen

- Pompen welke draaien onafhankelijk van de procesvereisten
- Pompsystemen waarbij een aanzienlijke smoring plaatsvindt
- Pompsystemen met grote flow- of drukvariaties
- Systemen met meerdere pompen waarbij het aantal ingeschakelde pompen niet wordt aangepast op veranderende omstandigheden
- Equipment waarbij cavitatie voorkomt
- Hoge vibratieniveaus, afwijkend geluid van pompen, motoren of leidingen
- Apparatuur met veel onderhoudsvereisten
- Pompsystemen die niet zijn aangepast op veranderde functionele eisen, waardoor deze niet zijn afgestemd op de systeemvereisten

- Versleten, geërodeerde, gecorrodeerde, vervormde of gebroken waaiers/vinnen of slijtringen
- Indicatie van laag efficiënte pompsystemen (sommige systemen hebben een lage efficiëntie omdat deze vaste delen doorlaten)
- Afzetting van stoffen binnen pijpen of pompen
- Ingesloten kleppen of lekkende recirculatiekleppen
- Afdichtingssystemen, met name bij zeer hoge temperaturen, waarbij koeling is vereist

#### Ventilatoren

- Draaien zonder noodzaak
- Variabele vraag (besturingsstrategieën mogelijk?)
- Substantiële systeemwijzigingen na oorspronkelijke installatie (bv. verandering van stroomsnelheid met meer dan 20%)
- Constant smoren
- Versleten, geërodeerde of gebroken ventilatorbladen
- Drukverlies over filters
- Lucht wordt betrokken uit een hele hal (in plaats vanuit een specifieke locatie)
- Melding van problemen in het onderhoudsplan

#### Perslucht compressoren

- Een aparte methodiek/persluchtaudit is beschikbaar (in geval van grote vermogens en verbruiken), bv. persluchtaudit ISO 11011, met zeer gedetailleerde gegevensbladen voor analyse van een persluchtsysteem, inclusief luchtbehandeling.  
Maatregelen beslaan
- Onderhoud
- Lekdetectie
- Regeling (draaien zonder noodzaak)
- Compartimentering (grote variaties in de vraag)
- Vernieuwing (oudere installatie).

De systemen met een besparings*potentie* dienen in een overzicht te worden opgenomen, als startpunt voor verdere selectie en analyses.

### 3. Besparingsanalyses installaties

De uit oogpunt van energiebesparing kansrijke systemen worden onderzocht op besparingspotentieel, waarbij de volgende maatregelen bekeken kunnen worden (overzicht niet uitputtend):

#### Elektromotoren

- Uitschakelen
- Frequentieomvormer installeren
- Vervanging van de elektromotor (correcte maatvoering, aangepast op de belasting) voor een hoog efficiënte elektromotor (IE3, IE4, IE5), goed gedimensioneerd (kW)
- Vervanging van het transmissiesysteem, door een systeem met een hogere efficiency, dan wel direct drive
- In alle gevallen de mogelijke implicaties op de systeem-efficiency en het systeem-energieverbruik analyseren.

#### Pompen

- Verkorting van de looptijd
- Geoptimaliseerde regeling van pompen
- Motor-, pompvervanging
- Vermindering van de static head
- Vermindering van de dynamic head (verbeteren van distributienetwerk)

- Vermindering van de stroming, Debietaanpassing
- Verbeterde onderhoudsprocedure

#### Ventilatoren

- Verkorting van de inschakeltijd van de ventilatoren
- Debietaanpassing
- Frequentieomvormer installeren
- Motor-, ventilatorvervanging
- Vervanging van het transmissiesysteem
- Warmteafvoer
- Onderhoud, vermindering van drukverlies

#### Perslucht

- Vermindering van lekkages
- Optimalisatie van de systeemdruk
- Verander besturingsstrategie/ vermindering van inactieve delen
- Afschakelen compressoren
- Warmteafvoer
- Alternatieven voor verkeerde toepassing

Het is van belang om bij het onderzoeken van de individuele maatregelen voldoende detaillering aan te brengen: naar de mogelijkheden per component van het aandrijfsysteem en de effecten van de optimalisaties op het energieverbruik van het systeem en naar andere (kosten)aspecten van het aandrijfsysteem, zoals bijvoorbeeld onderhoudskosten en kosten van uitval en stilstand e.d. (een hogere betrouwbaarheid van de installatie leidt tot minder stilstand en gederfde productie).

## 4. Conclusies, overzicht

De uitgewerkte maatregelen worden in een overzicht opgenomen en gepresenteerd, zie Tabel 1 met een voorbeeld overzicht.

Locatie, installatie	Bouwjaar	Energie- verbruik NU	Optimalisatie maatregel	Besparing	Investering	Rentabiliteit TVT
	Jaartal	EUR/jaar	Omschrijving	EUR	EUR	Jaar
Mengerij	...	...	Nieuw pomp en elektromotor		...	...
...						

Tabel 1. Overzicht van onderzochte maatregelen ("Business cases") – voorbeeld

De resultaten van de meer in detail onderzochte installaties worden in een overzicht opgenomen, met daarin installatie, maatregel, energiebesparing (EUR/jaar, kWh/jaar) en eventuele overige besparingen (EUR/jaar), (meer)investering (EUR) en terugverdientijd (jaar).

Tevens worden vermeld het gehanteerde energietarief (EUR/kWh), het geplande realisatiemoment: natuurlijk of zelfstandig moment.

De maatregelen uit Tabel 1. zijn gedetailleerd uitgewerkt; van elke maatregel is de startsituatie en de nieuwe situatie gedetailleerd, qua energieverbruik, CO<sub>2</sub>-emissies en gerelateerde kosten. Tabel 2. geeft de kernresultaten van deze uitwerking per aandrijfsysteem weer, met een detaillering van de specifieke maatregel naar component en overige aanpassingen.



Mengerij	Start situatie (0)	Nieuwe situatie (1)	Investing  EUR	Besparingen		Renta- bilititeit TVT Jaar	Emissies  kton CO2
				Energie MWh/jaar	Overige EUR/jaar		
Omschrijving van Maatregelen	MWh/jaar	MWh/jaar					
Elektromotor type X							
Frequentieregelaar type Y							
Pomp type Z							
Toebehoren							
Overige aanpassingen							
Totaal							

Tabel 2. Specificatie van Maatregel ("Business case") – voorbeeld

Systemen met een eenvoudige terugverdientijd lager dan 5 jaar dienen toegepast te worden<sup>6</sup>. Groeperen van optimalisaties kan de rentabiliteit verbeteren, evenals het onderbrengen van de verbeteringen in een planmatige aanpak (en zo vervanging op een natuurlijk moment kunnen laten plaatsvinden).

De optimalisatie van de doorgelichte systemen dient in een uitvoeringsplan te worden opgenomen.

<sup>6</sup> Conform de Energiebesparingsplicht