

Directe integratie van hernieuwbare (wind) energie in koudeopslag en warmteopwekking

Auteurs: Andrea Terbijhe, Marcel van der Voort



Contents

VOORWOORD	3
SAMENVATTING.....	4
SUMMARY	6
1 INLEIDING	8
1.1 Doelstelling	8
1.2 Werkwijze.....	8
2 WERKPAKKET 1: VERKENNING EN TECHNISCHE ANALYSE	10
2.1 De situatie en achtergrond	10
2.1.1 ACRRES Wageningen UR	10
2.1.2 Marfo.....	12
2.1.3 McCain	14
2.2 Regelbaar vermogen Marfo en McCain	14
3 WERKPAKKET 2: HAALBAARHEIDSSTUDIE	16
3.1 Economische analyse.....	16
3.1.1 Directe aansluiting Marfo en McCain op Windnet.....	16
3.1.2 Directe handel op de onbalansmarkt	18
3.1.3 Power-to-heat opties	19
4 WERKPAKKET 3: EVALUATIE.....	20
5 MOGELIJKHEDEN VOOR SPIN-OFF EN VERVOLGACTIVITEITEN	21
6 DISCUSSIE	22
7 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	23
7.1 Conclusies	23
7.2 Aanbevelingen	23
BIJLAGE 1: OFFERTE WINDNET OOST-FLEVOLAND	24
BIJLAGE 2: OFFERTE COFELY ENERGIE & INFRA	26
BIJLAGE 3: BEREKENING WAARDE FLEXIBEL VERMOGEN MARFO.....	34
BIJLAGE 4: SPECIFICATIES EN BESCHRIJVING ELEKTRISCHE BOILER	38

Voorwoord

Het energie(transport)systeem kraakt steeds meer door de groeiende hoeveelheden hernieuwbare energie. Het vanuit centrales opgebouwde systeem past niet bij decentrale energie van wind en zon. ACRRES-Wageningen UR gelooft dat meer duurzame energie een absolute noodzaak is voor de toekomst. Technische gezien zijn er oplossingen zoals vraagsturing van warmte, koudeopslag, batterijen en powertoX, die de onvoorspelbaarheid van zon en wind opvangen. Er zijn echter wettelijke en suboptimale structuren die er voor zorgen dat economisch de oplossingen voor de individu niet rendabel zijn, terwijl op macroniveau dit wel het geval zou zijn. Denk hierbij aan de verschillende wijze van afrekenen bij prosumers en netbeheerders.

ACRRES gelooft dat het anders kan. Zij gaat daarom nieuwe concepten en slimme innovatieve systemen ontwikkelen om duurzame energie flexibel te maken. Robuuste lokale systemen die toekomst bestendig zijn. Toekomstbestendig in technisch en economisch opzicht maar vooral duurzaam! Samen met partners in de nabije omgeving worden de mogelijkheden onderzocht. Een van de mogelijkheden is opslag van de pieken van windenergie in de vriezers en stoom/warmte van de voedingsproducenten MARFO en McCain. In deze studie, die samen met Sparkling Projects is uitgevoerd, is een haalbaarheidsstudie uitgevoerd die op korte termijn voor een rendabele businesscase zorgt, maar wel potentie aangeeft voor de nabije toekomst.

De project-partners worden vriendelijk bedankt voor de prettige samenwerking. Gezamenlijk hopen wij de robuuste energiesystemen van de toekomst zo een klein stapje dichterbij komen.

Andrea Terbijhe
Projectleider Smart Energy
ACRRES – Wageningen UR

Samenvatting

De voornaamste duurzame energiebronnen zijn wind- en zonne-energie. Beide vormen kennen fluctuaties in het aanbod, waardoor het behouden van een goede energiebalans voor de Nederlandse energievoorziening een grotere uitdaging wordt. Op weg naar een grotere bijdrage van duurzame energie is de verwachting dat de bijdragen van zon- en windenergie verder zullen toenemen. Dit resulteert ook in een toenemende fluctuaties in het aanbod van energie. In dit project zijn de mogelijkheden onderzocht om overschotten of tekorten aan energie op te lossen. In dit geval specifiek het aanbod van windenergie met de vraag naar energie van twee levensmiddelenbedrijven. Het doel is de inpassing van windenergie te verbeteren door directe koppeling tussen de bedrijven en energieopslag in combinatie met buffering en vraagsturing in de productieprocessen. De volgende 3 hoofdvragen zijn beantwoord in dit project. Is directe aansluiting van Marfo en McCain met de windturbines haalbaar? Is directe handel op onbalansmarkt mogelijk om zo pieken op te vangen? Welke mogelijkheden zijn er om voor de warmte dual-fuel systemen te ontwikkelen op basis van elektriciteit en gas?

Het windpark van Wageningen UR is, via het Windnet-netwerk, aangesloten op het Tennet-netwerk. Een aansluiting van Marfo en McCain op Windnet betekent dat de windmolens van de Wageningen UR direct werkelijke (niet virtuele) kWh's aan Marfo en McCain gaan leveren. Een overgang naar Windnet voor Marfo en McCain is niet interessant door een terugverdientijd van respectievelijk 9 en 19 jaar. Belangrijkste redenen voor de hoge terugverdientijden zijn de tariefsaanpassingen van Liander en TenneT. Verder speelt mee dat de huidige elektriciteitsaansluiting moet blijven bestaan, omdat Windnet een enkelvoudige transmissielijn is.

In het geval er een nieuw windpark aangesloten moet worden is er sprake van een ander uitgangspunt. Dit kan positief uit vallen voor de businesscase. Het Flevolandse windenergiebeleid van opschalen en saneren biedt waarschijnlijk in de nabije toekomst kansen. Bij de aanleg van nieuwe windparken kan een direct koppeling met bedrijven worden gelegd. Zeker met bedrijven die een deel van de energievoorziening kunnen sturen of opslagcapaciteit hebben.

De directe handel op onbalansmarkt is een eerste mogelijkheid om pieken op te vangen. De handel op de onbalansmarkt is mogelijk via grote energiebedrijven. Bij een tekort of een overschot aan energie worden energiepakketten van 15 minuten verhandeld door TenneT. Hiermee zorgt TenneT voor de balans in de energievoorziening in Nederland. De onbalans kan ontstaan door onverwachte extra vraag en/of juist vermindering van de vraag. Marfo heeft tussen de 150 en 200 kW elektra vermogen heeft om af te schakelen. Het regelbare vermogen van 200kW elektrisch is doorgerekend op financiële opbrengsten. De 200kW regelbaar vermogen is goed voor zo'n onbalansopbrengst van €19.000,- per jaar bruto. Realisatie van deze opbrengst vergt een investering van €8.000,- in een onbalansregelaar en €200,- per maand voor het onbalanssysteem. De terugverdientijd zou hiermee op een half jaar komen. De inzet van koelcellen als accu blijkt het meest perspectiefvol. Tevens zijn er nagenoeg geen energieverliezen.

Een tweede mogelijkheid voor het creëren van regelvermogen is door gebruik te maken van elektrische boilers door Marfo en McCain. Voor een groot regelvermogen biedt stoomproductie met een elektrische boiler flinke mogelijkheden. In dit geval is het economisch perspectief en het energetisch rendement beperkt. Terugverdientijden liggen tussen de 7 en 12 jaar voor de elektrische stoomboilers. Met de stoomboilers kan de energiepiek in windenergie worden omgezet in proceswarmte voor Marfo en/of McCain. Hierbij kunnen vermogens worden ingezet die in dezelfde orde van grote zijn als de windturbines van Wageningen UR. Door de flinke investeringen en relatief korte periodes van gebruik voor de onbalansmarkt van stoomboilers resulteren in terugverdientijden die groter dan 7 jaar zijn.

De beste mogelijkheden voor vervolgvactiteiten lijkt dan ook om flexibel koelvermogen te gebruiken om extra windvermogen te kunnen afschakelen van het elektriciteitsnet. In deze casus is het flexibele regelvermogen echter te klein in verhouding tot het maximaal vermogen van 52 MW van het windpark van Wageningen UR. Daarom zou het aanbevelingswaardig zijn dit regelvermogen zien te vergroten door

nieuwe bedrijven te vinden met een beschikbaar flexibel koelvermogen, die in de buurt van de bestaande netaansluiting zitten.

De twee aanbevelingen welke in dit onderzoek naar voren kwamen, zijn gericht op netwerkbedrijven en overheden. De eerste conclusie is dat er een stimulans ontbreekt om een publiek probleem op te lossen, het opvangen van fluctuaties en transportverliezen in het elektriciteitsnetwerk. Veel van de huidige infrastructuur aan netwerken en installaties bij bedrijven zijn niet gericht op het opvangen van deze fluctuaties en transportverliezen. Aanpassing naar deze nieuwe realiteit zal daarom nu waarschijnlijk pas plaatsvinden bij nieuwe investeringen. Een stimulans kan deze investeringen eerder rendabel maken en zelfs naar voren halen in tijd.

Een tweede aanbeveling is dat de regie ontbreekt. In dit project zijn er drie proactieve bedrijven betrokken die zelf onderzoeken welke mogelijkheden er zijn. De netwerkbedrijven hebben inzicht in de energievraag en –aanbod van bedrijven in hun netwerk. Hiermee kan beter worden beoordeeld welke mogelijkheden regionaal aanwezig zijn. Verder wordt door regionaal gebruik van energie een deel van de transportverliezen vermeden. Gebruik van de energie van het windpark van Wageningen UR door Marfo en McCain ken aanzienlijk minder transportverliezen als het transporteren van diezelfde elektriciteit naar het TenneT-netwerk. Hieraan gerelateerd is de regie rol voor gemeenten en provincies. Zij kunnen bijvoorbeeld via werving van de bedrijven de energiehuishouding in de regio kunnen beïnvloeden. Dit passend bij de regionale vraag en/of aanbod.

Summary

The dominant renewable energy sources are wind and solar power. Both types of renewable energy will lead to power fluctuations. Therefore maintaining the stability of the Dutch electricity grid will be a bigger challenge in the future. On the road to more renewable energy the contributions of wind and solar energy will increase. This will lead to larger power fluctuations in supply. This project is researching the options to solve fluctuations. In this specific case the supply of wind energy for use by two food industry companies. The goal is to improve the implementation of wind energy to the electricity grid through a direct connection with the two food industry companies. The option of energy storage in combination with energy buffering of the energy demand within the production process of the two food industry companies. The following three main questions were answered in this project. Is a direct connection of Marfo and McCain with wind turbines an option? Is trade on the balancing market an option to shave peaks? What options exist to develop dual-fuel systems for electricity and natural gas?

The windpark of Wageningen UR is, through the Windnet network, connected to the TenneT network. The connection of Marfo and McCain to the Windnet network means that direct real (not virtual) kWh's are supplied to Marfo and McCain. A new connection with the Windnet network proved not interesting for Marfo and McCain, due to the payback period of 9 and 19 years, respectively. Most significant reason for the high payback period is the recent change in tariffs of Liander and TenneT. Another reason is that the current connection should be maintained. The Windnet network is a one-way transmission line. If in the near future a new wind park should be connected, this would change the business case positively. The Flevoland policy in wind energy could lead to opportunities in the near future. The construction of new wind parks could lead to direct connection with companies. Especially with companies who can balance power and have energy storage capacity.

The trade on the balancing market is the first option to balance fluctuations. The trade on the balancing market is done through larger power companies. A shortage or over-supply of energy is traded in packages of 15 minutes by TenneT. In this way TenneT realizes the balances on national electricity grid. The imbalance can originate from an unexpected additional demand or the opposite. Marfo has about 150 to 200 kW of power which it can fluctuate. The 200 kW of flexible power is calculated on financial revenues. The 200 kW of flexible power lead to €19.000,- in gross revenues per year. The realisation requires an investment in balancing equipment of €8.000,-. The payback period would be less than half a year. The uses of cold stores as battery proved to be the most promising option. It also has hardly any energy losses.

A second option is to make use of electric boilers by Marfo and McCain. This instead of natural gas use. The steam production has the potential of a large buffering option. In this case the economic and energetic benefits proved limited. The payback periods for electric boilers ranged from 7 to 12 years. The electric boilers could balance energy supply peaks of wind energy. The power requirement of Marfo and McCain is similar as the power supply of wind turbines of Wageningen UR. The high investment costs and the relatively short time periods needed for the balancing market lead to high payback periods.

The best option for continuation of research is the use of cold stores to balance wind energy supply. In this case the amount of cold store was limited in comparison to the 52 MW of wind energy of Wageningen UR. The recommendation is to look for additional cold stores, new or existing, in the vicinity of the current grid.

Two additional conclusions were made. Conclusions relevant for grid operators and governments. The first conclusion is that stimuli for balancing, buffering and minimising of transport losses are missing. Much of the infrastructure and installations present at businesses is not designed to balance fluctuations and minimise transportation losses. Adaptations to the infrastructure and installations is likely to take place with new investments. Stimuli could speedup or bring forward these investments.

A second conclusion is that control is missing. The three companies in this project are proactively researching the options for balancing on their own. Grid operators have insight in the energy demand and supply of the companies in their grid. This knowledge could provide a better judgement of regional opportunities present. Use and production regionally could minimise transportation losses. Use of the

wind energy of Wageningen UR by Marfo and McCain reduces the transport losses significantly. This compared to the transport to the same amount of electricity to the TenneT network. Related to this is the role local governments could play in their acquisition policy for businesses. Local governments can influence the local energy balance by acquiring businesses who will fit well in the local energy market.

1 Inleiding

In Nederland is momenteel ongeveer 5% van de opgewekte energie duurzaam. De overheid heeft de ambitie om in 2020 14%, in 2023 16% van de opgewekte energie met duurzame productiemiddelen te realiseren. Voor 2050 is de ambitie dat de energievoorziening volledig duurzaam plaatsvindt. De voornaamste duurzame energiebronnen zijn wind- en zonne-energie. Beide vormen kennen fluctuaties in het aanbod. Het behouden van een goede energiebalans voor de Nederlandse energievoorziening wordt daarom een grotere uitdaging. Op weg naar een grotere bijdrage van duurzame energie in 2020 en 2050 is de verwachting dat de bijdragen van zon- en windenergie verder zullen toenemen. Dit resulteert ook in een toenemende fluctuaties in het aanbod van energie. Om vraag en aanbod van energie in balans te houden gebruikt TenneT verschillende regelmechanismen, waarbij de APX-markt en de onbalansmarkt de belangrijkste zijn. Op de onbalansmarkt worden korte termijn periodes van energieonbalans verhandeld. Met deze markt wordt het wegwerken van energieoverschot of -tekort in periodes van 15 minuten verhandeld. In dit project worden de mogelijkheden onderzocht het overschot of het tekort aan energie op te lossen met flexibele mogelijkheden in twee productiebedrijven Marfo en McCain. Marfo (diepvriesmaaltijden), McCain (frietproductie) en Wageningen-UR hebben in dit project de mogelijkheden onderzocht om de fluctuerende productie van windenergie lokaal te gebruiken voor voedselproductie. De pieken in windproductie kunnen zo opgevangen worden door bijvoorbeeld het vriesproces van Marfo. Voor zowel bij Marfo als McCain kan een overschot aan windenergie ingezet worden voor het verwarmingsproces. Hiermee wordt de energiehuishouding duurzamer en wordt windenergie betaalbaarder op het elektriciteitsnet gezet.

1.1 Doelstelling

Het doel is om inpassing van windenergie te verbeteren. Ten eerste door directe koppeling van Wageningen UR windturbines met Marfo en McCain. Een tweede optie is het opvangen van energiepieken op twee verschillende opties. De eerste optie is energieopslag via extra of vermindering van koude generatie van vriescellen. De tweede optie is de opwekking van warmte in de vorm van stoomproductie. Het betreft vraagsturing via Power2X (hoogwaardige warmte en koude) door producent en eindgebruiker op lokaal (achter de meter) en regionaal niveau (koppeling distributienet elektra, gas, warmte- en stoomnetten).

1.2 Werkwijze

Er zijn in dit project 3 hoofdvragen beantwoord.

1. Is directe aansluiting van Marfo en McCain met de windturbines haalbaar?
2. Is directe handel op onbalansmarkt mogelijk om zo pieken op te vangen?
3. Welke mogelijkheden zijn er om voor de warmte dual-fuel systemen te ontwikkelen op basis van elektriciteit en gas?

De drie hoofdvragen zijn uitgewerkt in drie werkpakketen.

Werkpakket 1: een korte verkenning.

Tijdens een aantal werkbezoeken aan Marfo en McCain en een gesprek met Windnet is geïnventariseerd wat de mogelijkheden zijn. Hier is een conceptueel model gemaakt. Op basis hiervan is een go gegeven aan het vervolg van het project.

Werkpakket 2: een haalbaarheidsanalyse.

1. Een haalbaarheidsanalyse inclusief een economische analyse van:
 - a. Directe aansluiting Marfo. Hiervoor zijn offertes opgevraagd voor de netaansluitingen en tarieven bij de netbeheerders. Daarna is een exploitatieberekening gemaakt om te zien of directe aansluiting op de windturbines interessant is;

- b. Directe aansluiting McCain, idem aan a;
 - c. Koude en warmte opslag mogelijkheden Marfo en McCain. Hiervoor is een inventarisatie in de fabrieken gemaakt;
2. Een technische analyse
- a. Korte beschrijving technische aspecten aansluiting en welke uitdagingen;
 - b. Koude en warmte opslag mogelijkheden Marfo en McCain. Hiervoor is een bedrijfsbezoek afgelegd waarbij gekeken is welke installaties ingezet kunnen worden om de flexibiliteit in windenergie op te slaan. Uiteraard zonder het primaire proces in gevaar te brengen.

Werkpakket 3. Evaluatie

Op basis van de voorgaande analyse zijn de procesmatige knelpunten in kaart gebracht en geanalyseerd.

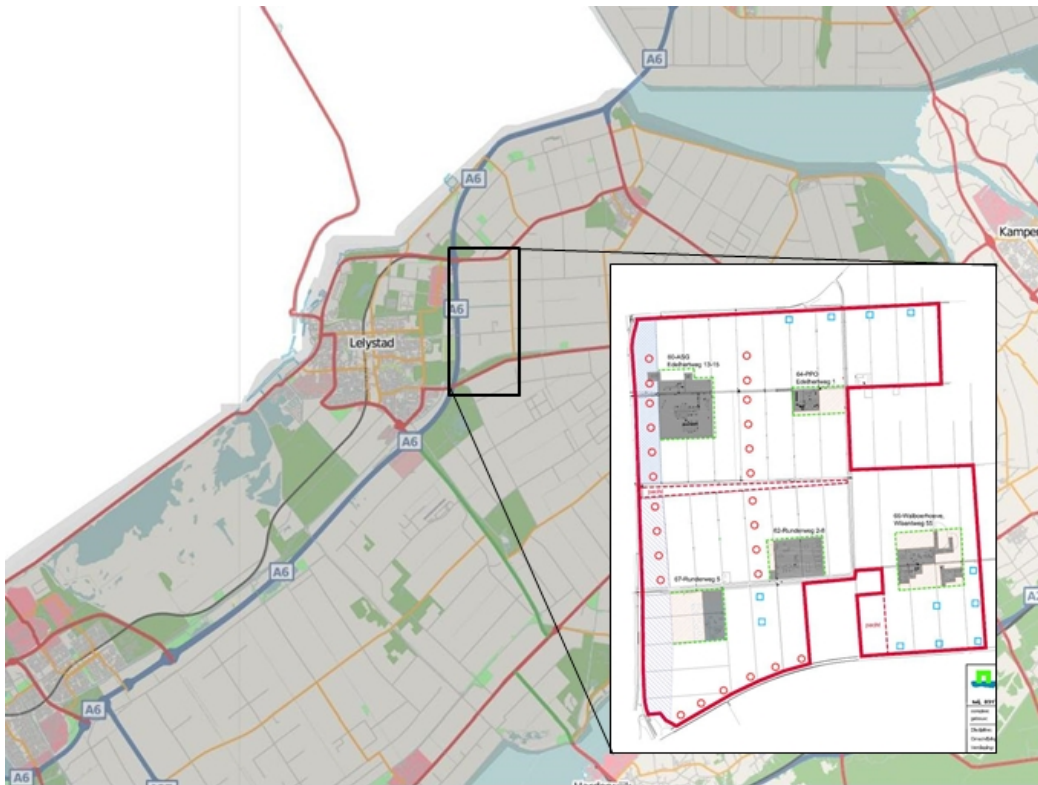
2 Werkpakket 1: verkenning en technische analyse

De korte verkenning heeft als doel om in hoofdlijnen inzicht te krijgen op de mogelijkheden om de betrokken bedrijven op energiegebied te koppelen. Hiervoor is de situatie en achtergrond van de betrokken bedrijven in beeld gebracht. De windturbines van Wageningen UR en de installaties in het productieproces van zowel Marfo als McCain bieden kansen voor de verdere verkenning.

2.1 De situatie en achtergrond

2.1.1 ACRRES Wageningen UR

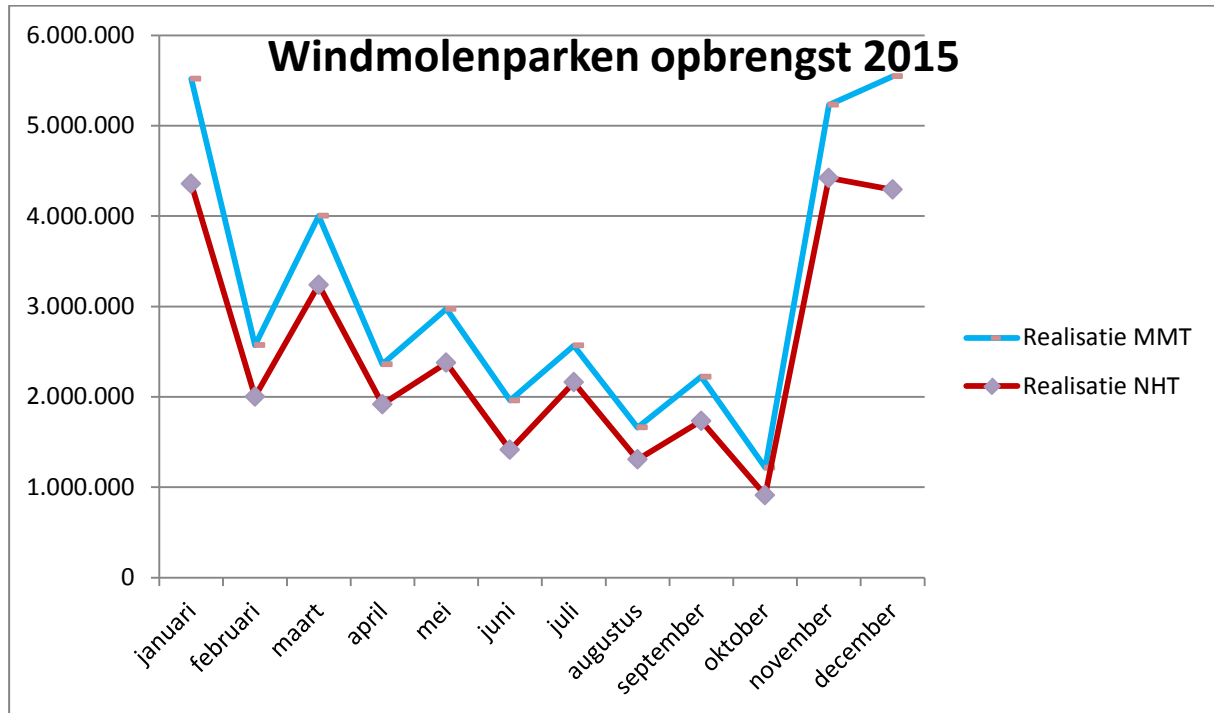
Meerdere bedrijfsonderdelen van Wageningen UR zijn gevestigd in Lelystad. Het Centraal Veterinair Instituut (CVI), Wageningen Livestock Research, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving en ACRRES zijn de bedrijfsonderdelen gevestigd in Lelystad. Het grootste terrein van Wageningen UR is gelegen aan de oostzijde van de A6 snelweg (zie onderstaand figuur). Alleen is het CVI gevestigd aan de Houtribweg te Lelystad (niet opgenomen in onderstaande figuur).



Figuur 1: Ligging terrein Wageningen UR te Lelystad

Het terrein oostelijk aan de A6 is ongeveer 1.200 hectare groot. Het terrein bestaat uit landbouwgrond en bedrijfsterrein (grijs gearceerd). De ronde rondjes in figuur 1 betreffen Wageningen UR windturbines. De Wageningen UR windturbines zijn te verdelen in drie delen. Het eerst gerealiseerde windpark betrof de 'Lage Vaart'. Het windpark staat opgesteld langs de zuidelijke begrenzing van het terrein, de waterweg de Lage Vaart. Het park, welke is gerealiseerd in 2004, bestaat uit zes NegMicon windturbines met elk een opgesteld vermogen van 1 MWe per turbine. De andere twee windparken zijn gelijktijdig gebouwd en gerealiseerd in 2006. Dit zijn de 'Neushoorntocht' en de 'Mammoethocht'. Beide parken bestaan uit tien Enercon windturbines met een opgesteld vermogen van 2,3 MWe per turbine. De totale capaciteit aan windenergie komt hiermee op 52 MWe opgesteld vermogen. De totale jaarlijkse elektriciteitsproductie ligt rond de 72 GWh.

Het 'Neushoorntocht' windpark (NHT) ligt het meest westelijk richting de A6 en nabij Lelystad. Het effect van bebouwing en vooral windsingels langs de A6 is zichtbaar in de lagere productie van het NHT-windpark. Het 'Mammoethocht' windpark (MMT) heeft deze belemmering in mindere mate. Hierdoor komt het NHT-windpark op een jaarlijkse productie van ongeveer 26,8 GWh. Het windpark MMT komt op een jaarlijkse productie van ongeveer 33,8 GWh. Hieronder is de opbrengst per windpark per maand voor 2015 opgenomen.



Figuur 2: kWh opbrengst per Wageningen UR windpark voor 2015

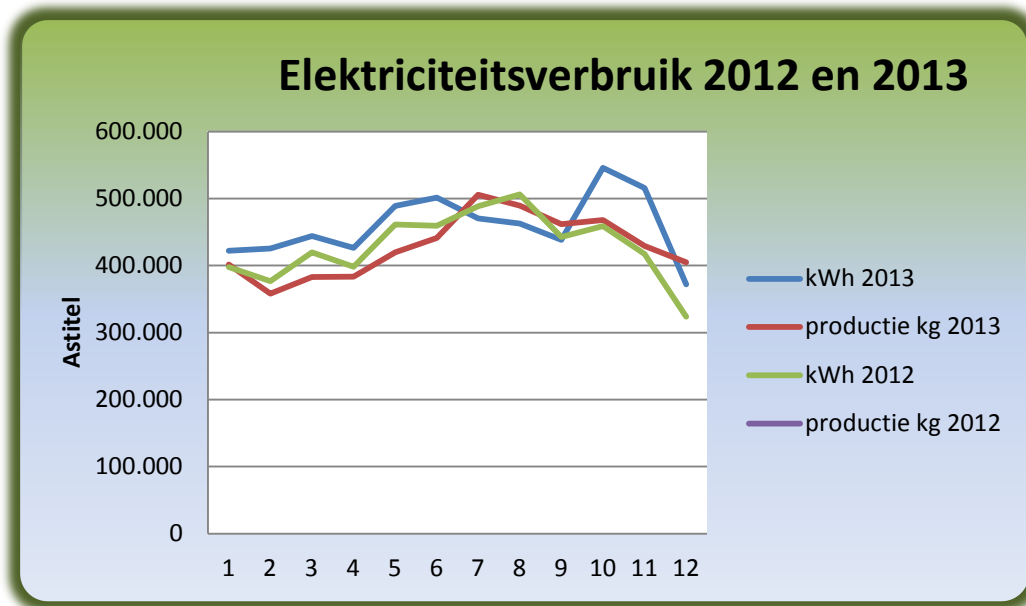
De windparken 'Neushoorntocht' en 'Mammoethocht' zijn direct aangesloten op het 150 kV elektriciteitsnetwerk van TenneT, via het 'Windnet Oost-Flevoland'. Dit betreft een privaat elektriciteitsnetwerk waar naast de twee windparken van Wageningen UR ook het windpark 'De Kubbetocht' is aangesloten. Door aansluiting van twee sub-stations kunnen lokale afnemers op dit netwerk worden aangesloten.



Figuur 3 en 4: 'Neushoorntocht en Mammoethocht, windparken Wageningen UR

2.1.2 Marfo

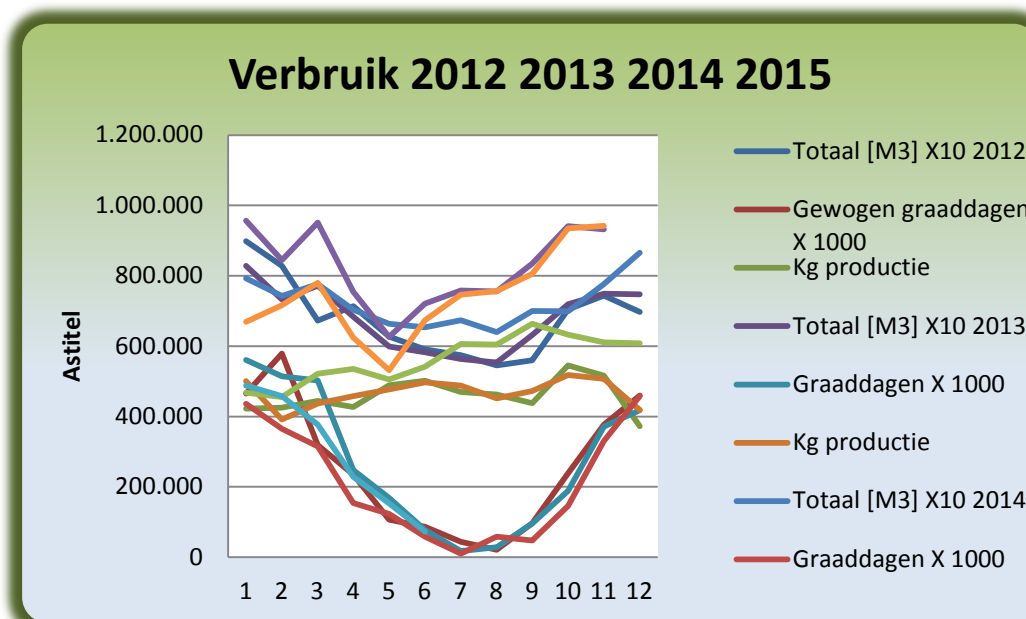
In 1971 is Marfo gestart met de productie van diepvriesmaaltijden voor de binnenlandse markt. Inmiddels levert Marfo aan vliegtuigmaatschappijen, ziekenhuizen, inrichtingen, defensie en boorplatforms. Marfo levert circa 160.000 maaltijden per dag. Bij Marfo wordt in 2 ploegen gewerkt. De ambitie van Marfo is om de milieu-impact van de producten zo klein mogelijk te houden. Dit gebeurt al bij de selectie van duurzame producten en duurzame leveranciers. Het productieproces is daarnaast al 100% CO₂-neutraal. Tevens wordt alle elektriciteit met groene stroom ingevuld. In verband met een jaarlijks gebruik van circa 6 GWh elektriciteit en de ophanden zijnde revisie van de machinekamer, is Marfo geïnteresseerd om de mogelijkheden van een directe koppeling met windenergie te onderzoeken. Er is direct systeem met een temperatuur van -40 °C voor het invriezen van producten, drie vriesbewaarcellen en een stoomnet. De laatste twee kunnen ingezet worden voor opslag van elektriciteit in koude en warmte. Marfo heeft kennis over (het energiegebruik van) het productieproces van diepvriesmaaltijden, ervaring met energiehandel en de inzet van kennis en menskracht om de haalbaarheidsstudie goed uit te kunnen voeren. Marfo verbruikte in 2015 circa 1,0 miljoen m³ aardgas en circa 6,2 miljoen kWh elektriciteit. Het maandelijks elektriciteitsverbruik gedurende de jaren 2012 en 2013 is weergegeven in onderstaande figuur (figuur 5).



Figuur 5: Elektriciteitsverbruik Marfo 2012 en 2013

Marfo beschikt verder over een stoomketel met een capaciteit van 4 ton/uur bij 8 bar druk en 145 °C stoomcondities. Daarnaast heeft Marfo een thermische olie ketel van 300 kWth, welke op 250 °C wordt bedreven.

Marfo heeft tevens een centraal koude-systeem voor koude levering op 3 niveau's: -5 °C, -30 °C en -40 °C. Er is een gyrovriezer, 800 kW spiraaltunnel, voor de koude op -40 °C. Tevens worden de vriescellen gekoeld met een geschatte koude capaciteit van 200 kW. In figuur 6 is het maandelijks gasverbruik van Marfo weergegeven voor 2012 t/m 2015. Het gasverbruik is minimaal 550.000m³ per maand en maximaal 950.000m³ per maand. Uitgaande van 30 dagen per maand is het gasverbruik per dag van minimaal 18.333 m³ en maximaal 31.666 m³. Uitgaande van een continu energiegebruik gedurende 24 uur komt dit overeen met een vermogen van minimaal 6.722 kW en maximaal 11.610 kW.



Figuur 6: Gasverbruik Marfo 2012 t/m 2015

2.1.3 McCain

Sinds McCain in 1957 in Canada hun eerste productie-eenheid startte, hebben de broers McCain steeds gewerkt volgens het principe "good ethics is good business". Dat principe is vandaag nog altijd van kracht en wordt dagelijks toegepast bij het beheer van deze onderneming. Dit met als motto: "Be good, do good". McCain stelt alles in het werk om hoogwaardige, uitgebalanceerde voeding aan te bieden. Een milieubewuste productie van het energiegebruik is daar onderdeel van. McCain is vlak bij de windturbines van Wageningen UR gesitueerd en gebruikt circa 26 GWh per jaar aan elektriciteit. Directe koppeling aan de windturbines en daarbij behorende netwerk biedt opties. De optie voor onder andere het balanceren via koudeopslag op de onbalansmarkt past mogelijk goed bij de missie van McCain. McCain heeft in Lelystad, maar ook bij haar andere fabrieken, veel kennis over, het energiegebruik van, het productieproces in de voedingsmiddelenindustrie.

De productlocatie in Lelystad heeft een productiecapaciteit voor het afbakken en invriezen van frites van 25 ton per uur. Bovendien worden er flakes geproduceerd met een productiecapaciteit van 850 kg per uur. Er wordt 340 dagen per jaar geproduceerd, 24 uur per dag. Eén dag per 2 weken volgt een productiestop voor onderhoud. Het elektriciteitsverbruik is gemiddeld circa 75.000 kWh per dag. De energievoorziening komt hoofdzakelijk van een aardgas gestookte stoomketel met een capaciteit van 25 ton per uur en een stoomketel van 11 ton per uur. De ketels worden bedreven op een stoomdruk van 18 bar. In het stoomsysteem is een header van 5 bar opgenomen. Uitgaande van de totale stoomproductie van 36 ton per uur en een richtgetal van 90m³ per uur per ton stoom is het maximale gasverbruik voor stoomproductie ongeveer 3.249 m³ per uur. Dit komt overeen met een vermogen van 28.591 kW. Daarnaast heeft McCain een waterzuivering met UASB-reactor. Het geproduceerde biogas van 200 tot 300 m³ per uur wordt benut in een 1 MWe WKK-installatie. Tevens heeft McCain een vergister van 1.500 m³ gekoppeld aan de 1 MWe WKK-installatie. Deze WKK wordt deels bijgestookt met aardgas. In het proces is tevens een industriële warmtepompdroger van totaal 880 kW opgenomen. Na het afbakken wordt frites ingevroren bij -12 °C. Vervolgens wordt de frites in een vriescel opgeslagen bij -18 °C. De capaciteit in de vriescel is echter slechts voldoende voor de opslag van 1 dag productie. Het elektriciteitsverbruik van de vriescel is circa 6.500 kWh per dag. Wat gelijk staat aan circa 270 kW koude vermogen.

2.2 Regelbaar vermogen Marfo en McCain

Om de haalbaarheid van directe inpassing van windenergie te onderzoeken is, in de inventarisatiefase van het onderzoek, beoordeeld welke mogelijkheden Marfo en McCain hebben. De eerste mogelijkheid is de directe levering van elektriciteit van de windmolens van ACRRES in Lelystad aan de bedrijven Marfo en McCain in Lelystad. In bijlage 2 is de directe koppeling tussen windmolens en Marfo en McCain schematisch weergegeven. Voor de bedrijven Marfo en McCain betekent dit een verandering in aansluiting van Liander naar Windnet (maakt deel uit van het hoogspanningsnet van Tennet). In paragraaf 4.1.1 is de financiële haalbaarheid hiervan bepaald. Een tweede mogelijkheid is gebruikmaken van de thermische opslagcapaciteit van de vriescellen van beide bedrijven. Voor invriesprocessen kan dit principe niet gebruikt worden. De invriezers van Marfo en McCain zijn continue in bedrijf. Vanuit het oogpunt van productkwaliteit is het van groot belang, dat het product zo snel mogelijk wordt ingevroren. Er zijn in principe wel mogelijkheden voor regelbaar vermogen bij het bewaren van het ingevroren product in de vriescellen. De vriescel van McCain is echter met 1 dag opslagcapaciteit te klein voor regelbaar vermogen. Daarnaast wordt veel met product in- en uitgereden.

De vriesbewaarcellen van Marfo hebben een opslagcapaciteit voor een langere periode. De vriesbewaarcellen van Marfo zijn mogelijk wel geschikt om, tot op zekere hoogte, flexibel stroom af te nemen van de windturbines. De koude capaciteit is circa 200 kW.

Als derde mogelijkheid is er in het onderzoek gekeken naar de mogelijkheden van het omzetten van variabel aanbod van elektriciteit in stoom (power-to-heat). De insteek is om duurzaam geproduceerde elektriciteit, bij lage prijzen, te benutten door via elektrische boilers stoom te produceren. Bijvoorbeeld door het voorverwarmen en daarmee gedeeltelijk vervangen van het aardgasverbruik. In theorie zijn de mogelijkheden voor power-to-heat groot. Het regelbaar vermogen voor Marfo is minimaal 6,7 MW en voor McCain 28 MW. Het totale regelvermogen voor afschakelen komt hiermee op minimaal 34 MW. Zeker gezien het aardgasverbruik van zowel Marfo en McCain.



3 Werkpakket 2: Haalbaarheidsstudie

3.1 Economische analyse

De economische analyse betrof onder andere financiële business case van directe aansluiting van Marfo en McCain op het Windnet. Daarnaast zijn de opties voor gebruik van elektriciteit (soverschotten) van de windturbines in de productieprocessen van Marfo en McCain in beeld gebracht.

3.1.1 Directe aansluiting Marfo en McCain op Windnet

De aansluiting van Marfo en McCain op het Windnet zou interessant kunnen zijn voor beide bedrijven. De aansluitkosten via Windnet op het netwerk van TenneT zouden onderling gedeeld kunnen worden. De aansluitkosten zijn hierdoor lager. Daar staan de aanlegkosten voor het aansluiten van Marfo en McCain op het Windnet tegenover. Om de haalbaarheid te beoordelen zijn er drie scenario's beoordeeld:

- de aansluiting van Marfo op het Windnet
- de aansluiting van McCain op het Windnet
- de aansluiting van Marfo en McCain op het Windnet

Per variant is een exploitatieberekening gemaakt. De basis van de businesscases is het verschil in transporttarieven tussen TenneT en Liander. In 2016 zijn de tarieven van TenneT fors verhoogd. De reden van de verhoging is onder andere de socialisering van netaansluitingen van grote windparken. Daar tegenover staat een verlaging van de tarieven van Liander. Het bovenstaande heeft grote invloed op de terugverdientijd van de aansluiting. In Tabel 1 en 2 zijn respectievelijk de aansluitvergoeding en transporttarief van Liander weergegeven.

3.1.1.1 Netwerkkosten Marfo en McCain bij Liander

In de onderstaande tabellen zijn de netwerk- en transportkosten bij Liander opgenomen. Deze kosten vormen het uitgangspunt van de berekeningen.

Tabel 1: Periodiek aansluitvergoeding volgens de Liander tabellen

Periodieke aansluitvergoeding			
Aansluiting	Min. kVA	Max. kVA	Tarief per jaar
t/m 3*25A	0	17	€ 19,65
> 3*25A en t/m 3*50A	17	34	€ 28,11
> 3*50A en t/m 3*80A	34	55	€ 34,18
> 3*80A en t/m 100 kVA	55	100	€ 129,12
> 100 kVA en t/m 160 kVA	100	160	€ 144,96
> 160 kVA en t/m 630 kVA	160	630	€ 565,56
> 630 kVA en t/m 1 MVA	630	1.000	€ 565,56
> 1 MVA en t/m 2 MVA	1.000	2.000	€ 1.093,32
> 2 MVA en t/m 5 MVA	2.000	5.000	€ 6.900,12
> 5 MVA en t/m <10 MVA	5.000	10.000	€ 8.196,00

Tabel 2: Transporttarief volgens de Liander tabellen

Transporttarief	per	D (TS/MS)	A (distributie)	150 kV
Vastrecht transportdienst	jaar	€ 2.760,00	€ 441,00	2.760
kW gecontracteerd	jaar	€ 21,24	€ 14,52	15,41
kW max. per maand	Maand	-	€ 1,47	1,5
kWh tarief piek	kWh	-	€ 0,0088	-
kWh tarief dal	kWh	-	€ 0,0088	-
kVArh blindvermogen	kVArh	-	-	-

Voor het transporttarief geldt een jaarlijkse bijdrage per gecontracteerd vermogen, terwijl er tevens een bedrag voor het maximaal verbruik per maand geldt. Het afnemertarief van TenneT is in tabel 3 weergegeven. Deze tarieven gelden voor een direct aansluiting met TenneT of via het Windnet.

Windnet heeft geen redundante aansluiting. Dat houdt in dat bij onderhoud het Windnet spanningsloos wordt, omdat er geen back-up voeding is. In de berekening van de businesscase voor zowel Marfo als McCain blijft de bestaande Liander aansluiting intact, dit als back-up. Inschatting is dat ongeveer 2 dagen per jaar de Liander-aansluiting als back-up gebruikt moet worden. Dit vooral bij een situatie dat er weinig stroomafname is. Zonder back-up draaien is geen optie. Zowel Marfo als McCain kunnen niet onverwacht, of gepland, zonder elektriciteit komen te zitten.

3.1.1.2 Casus McCain

Het aansluiten van McCain op het Windnet geeft de volgende netwerktarieven van TenneT.

Tabel 3: Afnemersstarief hoogspanning volgens de TenneT tabel (voor McCain)

Afneemers HS (110-150 kV)	Rekenvolume	Tarief
Vastrecht transportdienst	9	2.760,0000
kW gecontracteerd per jaar	471.156	13,8900
kW max. per maand	4.781.828	1,3000

Aan de hand van de tarieven van tabel 1, 2 en 3 is de businesscase voor McCain doorgerekend. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4: Berekening terugverdientijd McCain bij aansluiting op Windnet

McCain – nieuwe aansluiting		Huidig Liander	Nieuw 150 kV tarief
Periodieke aansluitkosten		€ 6.900,12	€ -
Vastrecht transportdienst		€ 2.760,00	€ -
kW gecontracteerd	5.846 kW	€ 124.169,04	€ 90.086,86
kW max. per maand	5.763 kW	€ 136.928,88	€ 103.734,00
kWh tarief	35.000 kWh		
Totaal		€ 270.758,04	€ 193.820,86

Voordeel per jaar € 76.937,18

Instandhouding huidige aansluiting		Huidig Liander	150 kV tarief Windnet
		€ 6.900,12	
		€ 2.760,00	
	1.500 kW	€ 124.169,04	
	1.500 kW	€ 136.928,88	
	1.000.000 kWh		
Totaal		€ 49.926,12	

Voordeel per jaar € 27.011,06

Investering € 520.000,00
Terugverdientijd circa 19,3

Uit tabel 4 blijkt een terugverdientijd van 19,3 jaar. De aansluitingen bij Windnet zijn enkelvoudig. Daardoor zijn er extra kosten nodig voor het instant houden van de bestaande aansluiting. Door zowel de veranderingen in de tarieven van Liander en TenneT en door de kosten van de extra aansluiting is de businesscase voor een overgang naar Windnet niet interessant. Deze businesscase is voor McCain niet interessant.

Een afnemer is gunstig voor Windnet. Nu is er ongeveer een productieverlies van 1,4% voor de windmolens. Indien de opgewekte elektriciteit rechtstreeks naar de afnemer gaat dan zal dit percentage ongeveer dalen naar 1,1%. Dit voordeel is niet meegenomen in de businesscase omdat het marginaal is en alleen positieve gevolgen heeft voor Windnet.

3.1.1.3 Casus Marfo

Het afnemersstarief voor Marfo op het Windnet is weergegeven in de onderstaande tabel (tabel 5).

Tabel 5: Afnemerstarief hoogspanning volgens de TenneT tabel (voor Marfo)

Afnemers HS (110-150 kV)	Rekenvolume	Tarief
Vastrecht transportdienst	9	2.760,0000
kW gecontracteerd per jaar	471.156	15,4100
kW max. per maand	4.781.828	1,5000

Aan de hand van de tarieven van tabel 1, 2 en 5 is tevens de businesscase voor Marfo doorgerekend. De resultaten zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6: Berekening terugverdientijd van Marfo aansluiting op Windnet

Marfo – nieuwe aansluiting		Huidig Liander	Nieuw 150 kV tarief
Periodieke aansluitkosten		€ 1.093,32	€ -
Vastrecht transportdienst		€ 441,00	€ -
kW gecontracteerd	1.600 kW	€ 23.232,00	€ 24.656,00
kW max. per maand	1.300 kW	€ 22.932,00	€ 23.400,00
kWh tarief	6.000.000 kWh	€ 52.800,00	
Totaal		€ 100.498,32	€ 48.056,00
Voordeel per jaar		€ 52.442,32	
Instandhouding huidige aansluiting		Huidig Liander	150 kV tarief Windnet
		€ 1.093,32	
		€ 441,00	
	500 kW	€ 7.260,00	
	500 kW	€ 735,00	
	400.000 kWh		
Totaal		€ 9.529,32	
Voordeel per jaar		€ 42.913,00	
Investing		€ 380.000,00	
Terugverdientijd circa		8,9	

Uit tabel 6 blijkt een terugverdientijd van 8,9 jaar. De aansluitingen bij Windnet zijn enkelvoudig. Daardoor zijn er extra kosten nodig voor het instant houden van de bestaande aansluiting. Door zowel de veranderingen in de tarieven van Liander en TenneT, als door de kosten van de extra aansluiting is de businesscase voor een overgang naar Windnet niet interessant. De businesscase is voor Marfo daarom waarschijnlijk niet interessant. Een aansluiting op Windnet betekent dat de windmolens van de Wageningen UR direct werkelijke (niet virtuele) kWh's aan Marfo gaan leveren. Als bijlage is de offerte van Windnet en de onderliggende installatieofferte van Cofely opgenomen. Niet onderzocht zijn de optie van het verzekeren van stilstand in het geval van elektriciteitsuitval en de offerte voor het realiseren van een dubbelvoudige aansluiting via Windnet.

3.1.2 Directe handel op de onbalansmarkt

De directe handel op onbalansmarkt is een mogelijkheid om pieken op te vangen. De handel op de onbalansmarkt is mogelijk via grote energiebedrijven. Bij een tekort of een overschot aan energie worden energiepakketten van 15 minuten verhandeld door TenneT. Hiermee zorgt TenneT voor de balans in de energievoorziening van Nederland. De onbalans kan ontstaan door onverwachte extra vraag of juist vermindering van de vraag. Daarnaast speelt ook het extra of minder aanbod van (duurzame) energie een rol. In dit project is onderzocht of er extra regelvermogen beschikbaar is bij twee bedrijven die actief zijn in de productie van voeding.

Centrale vraag is welke mogelijkheden er zijn, om de warmte via een dual-fuel systemen op basis van gas en elektriciteit te realiseren. Hiervoor heeft Marfo de meest geschikte systemen in huis. Marfo beschikt over de volgende drie vriescellen:

- 1 grote vriescel; Q_k = 160 kW, COP = 2, Q_e = 80 kW
- 2 kleine vriescellen; Q_k tot = 140 kW, COP = 2, Q_e = 70 kW.

Gezamenlijk heeft Marfo tussen de 150 en 200 kW Elektra vermogen heeft om af te schakelen. In tabel 7 is uitgegaan van het regelbaar vermogen van 200 kW. Voor de berekeningen is gebruikgemaakt van het

in- en uitschakelen vermogen. Het regelbare vermogen van 200kW elektrisch kan worden doorgerekend op financiële opbrengsten. Hiervoor zijn de uitgangspunten in tabel 7 gehanteerd.

Tabel 7: Instellingen, vermogen en opbrengst bij Marfo van de koelcellen en een stoomketel op elektrische energie (details bijlage 3) (de opbrengsten van de stoomboilers zijn gebaseerd op 'laden')

Naam	Koelcellen	Stoomboiler 1	Stoomboiler 2	Stoomboiler 3
Capaciteit (kWh)	5.000	6.000	12.000	24.000
Vermogen (kW)	200	240	500	1.000
Leeg	0	0	0	0
Extreem af	0	6.000	0	0
Extreem op	5.000	6.000	12.000	24.000
Vol	5.000	6.000	12.000	24.000
Extreem af	-50	-50	-50	-50
Normaal af	-10	-10	-10	-10
Normaal op	20	10	10	10
Extreem op	50	50	50	50
Af	101	0	223	223
Op	42	0	180	180
Ontladen	-214.373	-346.588	-719.850	-1.439.700
Laden	215.307	349.552	725.775	1.451.550
€/MW	3.791	3.724	3.869	3.869
€/MWh	44,00	32,00	32,00	32,00
€	18.957	7.970	16.533	33.066

De 200kW regelbaar vermogen is goed voor zo'n onbalansopbrengst van €19.000,- per jaar bruto. Realisatie van deze opbrengst vergt een investering van €8.000,- in een onbalansregelaar. Daarnaast zijn er maandelijkse kosten van het onbalans systeem, circa €200,- euro per maand. De terugverdientijd zou hiermee op een half jaar komen. De uiteindelijke investeringsbeslissing is aan Marfo. De €19.000,- inkomsten is gebaseerd op het jaar 2015. De inkomsten zijn uitgerekend met een accuprogramma ontwikkeld op www.kostennetaansluiting.nl. Een accu en een vrieshuis zijn in grote lijnen met elkaar vergelijkbaar. Beide systemen zijn snel regelbaar naar twee kanten. De samenvatting van uitkomsten van de berekeningen staat vermeld in tabel 7 onder kolom 'koelcellen'. De verdere details van de berekeningen zijn weergegeven in bijlage 3, onder MARFO.

3.1.3 Power-to-heat opties

Een tweede mogelijkheid voor het creëren van regelvermogen is de optie van elektrische boilers door Marfo en McCain. De brochure van een Certus 120 kW boiler met specificaties is weergegeven in bijlage 4. Het type E100 met een vermogen van 120 kW kan in batterijopstelling worden gebruikt. Een vermogen van 240 kW is te bereiken met behulp van twee exemplaren van het type E100. De investering komt bruto op €60.000,- voor de boiler en €8.000,- voor de installatie. Een totale investering van € 68.000,-. Het regelvermogen van 240 kW levert een onbalansopbrengst, voor alléén laden, van circa € 7.970,- per jaar bruto. Dit geeft een terugverdientijd van 12 jaar. De details van de berekeningen zijn weergegeven in tabel 7 in de kolom 'Stoomboiler 1'. De verdere details van de berekeningen zijn weergegeven in bijlage 3, onder Stoomboiler 1.

Voor grotere vermogens, zoals voor optie Stoomboiler 2, kan een stoomketel van Standard Fasel toegepast worden. Deze stoomketel heeft een vermogen 500 kW bij 8 barg en een capaciteit van 700 kg per uur. De stoomketel heeft een prijs inclusief pompen en besturing van €98.785,-. Voor stoomboiler 3 is een vermogen van 1.000 kW bij 8 barg en een capaciteit van 1000 kg per uur opgenomen, met een prijs inclusief pompen en besturing van €177.990,-. Voor stoomboiler 2 zijn de te verwachten opbrengsten €16.533,- met een investering van circa €120.000,- inclusief installatie is de terugverdientijd van stoomboiler 2 rond de 8,5 jaar. Voor Stoomboiler 3 is de totale investering circa €215.000,-. Met een te verwachte opbrengst van €33.066,- per jaar is de terugverdientijd circa 7 jaar. De details van de berekeningen zijn weergegeven in tabel 7, onder de kolommen 'Stoomboiler 2' en 'Stoomboiler 3'. Van deze berekeningen zijn de details van de berekeningen tevens opgenomen in bijlage 3, onder Stoomboiler 2 en 3. Voor het management van zowel Marfo als McCain zijn de terugverdientijden van deze investeringen te lang.

4 Werkpakket 3: evaluatie

Van de drie onderzochte opties is de eerste mogelijkheid van een directe aansluiting op Windnet van Marfo en McCain is minder interessant geworden door aanpassingen in het tarief van zowel Liander and TenneT. De bestaande aansluiting blijft als extra aansluiting nodig, omdat Windnet enkelvoudig is aangelegd. Hierdoor is de terugverdientijd voor McCain 19 jaar en voor Marfo 9 jaar. Deze optie is daarom niet verder geëvalueerd. Voor de twee overige cases, de vriesbewaarcel en de stroomproductie met elektrische boiler is een SWOT-analyse gemaakt. De SWOT-analyse per optie is weergegeven in tabel 8 en tabel 9. Financieel en energetisch biedt de case met de vriesbewaarcel de beste kansen. De opties met betrekking tot het beschikbare regelvermogen zijn beperkt. Voor een groot regelvermogen biedt stroomproductie met een elektrische boiler flinke mogelijkheden. In dit geval is het economisch perspectief en het energetisch rendement beperkt.

Tabel 8: SWOT-analyse vriesbewaarcel

	Sterktes	Zwakten
Kansen	<ul style="list-style-type: none"> - Toename flexibel vermogen 200kW - Korte terugverdientijd door lage investeringen - Behoud van exergie - Geschikt voor op- en afregelen van vermogen 	<ul style="list-style-type: none"> - Met nieuwe locaties is het regelvermogen voor vriesbewaarcellen mogelijk te vergroten
Bedreigingen	<ul style="list-style-type: none"> - Regelvermogen is klein ten opzicht van opgestelde windvermogen 	<ul style="list-style-type: none"> - Blijven de producteigenschappen constant (nader te bepalen)

Tabel 9: SWOT-analyse stroomproductie met elektrische boiler

	Sterktes	Zwakten
Kansen	<ul style="list-style-type: none"> - Toename flexibel vermogen tot ca. 34MW - Regelvermogen voor afschakelen komt redelijk goed overeen met het vermogen uit windturbines - Hybride systeem 	<ul style="list-style-type: none"> - Exergieverlies ca. 50% - Alleen geschikt voor afregelen van vermogen
Bedreigingen	<ul style="list-style-type: none"> - Ontwikkeling gasprijs onduidelijk - Ontwikkeling onbalans-markt onduidelijk 	<ul style="list-style-type: none"> - Terugverdientijd is lang (ca. 7 jaar) door investeringen en korte gebruikerstijden voor onbalansmarkt.

5 Mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten

Directe aansluiting van de windparken met MARFO en McCain is economisch niet haalbaar, omdat er een relatief grote extra investering plaats moet vinden door de relatief grote kabel afstand. Daarnaast zijn de netbeheerderskosten gestegen. In het geval er een nieuw windpark aangesloten moet worden is er sprake van een ander uitgangspunt, wat positief uit kan vallen voor de businesscase. Gezien het Flevolands windenergiebeleid, van opschalen en saneren, komen er in de nabije toekomst mogelijkheden voor een directe koppeling met bedrijven. Vooral bedrijven die een deel van het energieverbruik kunnen sturen of opslagcapaciteit hebben. Hierbij vat de denken aan bedrijven op het gebied van kunststofverwerking, waterschappen en de galvano-industrie.

Uit de bovenstaande berekeningen blijkt dat de inzet van flexibel koelvermogen resulteert in een korte terugverdientijd van circa een half jaar. De inzet van koelcellen als accu blijkt hiermee het meest perspectiefvol. De terugverdientijd hiervan is een aanzienlijk korter, dan de inzet van elektrische stoomboilers. Het inzetten van elektriciteit in koelcellen kent nagenoeg geen extra energieverliezen. De stoomboilers kunnen de energiepiek van windenergie omzetten in proceswarmte voor Marfo en/of McCain. De hiervoor benodigde vermogens worden zijn van de dezelfde orde van grote als de windturbines van Wageningen UR. Door flinke investeringen en relatief korte gebruikperiodes, voor de onbalansmarkt, van stoomboilers resulteert dit in terugverdientijden die groter dan 7 jaar. De beste mogelijkheid voor een vervolgstudie blijkt de inzet van flexibel koelvermogen om extra windvermogen te kunnen afschakelen van het elektriciteitsnet. Dit flexibele regelvermogen is echter nu te klein in verhouding tot het maximaal vermogen van 52 MW van het windpark van Wageningen UR. Een aanbeveling zou zijn dit regelvermogen te vergroten. Dit bijvoorbeeld door nieuwe of bestaande bedrijven te zoeken met een beschikbaar flexibel koelvermogen en die tevens in de buurt van de bestaande netaansluiting zitten.

Realisatie van het potentieel aan flexibel energiegebruik vergt aanvullende studie. Dit onder andere naar de hoeveelheid capaciteit welke gestuurd is of kan worden en hoeveel opslagcapaciteit er bij de bestaande industrie zit. Aanvullend zou een inventarisatie gedaan kunnen worden nieuwe bedrijven die flexibel in hun energievoorziening kunnen zijn en/of energie op kunnen slaan. Bijvoorbeeld voor de realisatie van een nieuw vrieshuis is, naast logistiek, de aansluiting op het elektriciteitsnetwerk een belangrijke overweging. De vrieshuizen hebben een groot potentieel aan energieopslag. Dit potentieel zou mooi aansluiten bij de realisatie van windparken in de toekomst. Het vaststellen van reeds beschikbaar flexibel vermogen zou in samenwerking met Liander bepaald kunnen worden.

Het opschalen en saneren, onderdeel van het windbeleid in provincie Flevoland geeft, bij vaststelling van het regioplan (zomer 2016) de mogelijkheid van dubbeldraaien. Dit betekent dat er voor maximaal 5 jaar naast nieuwe windturbines, ook oude windturbines mogen blijven draaien. Dit vergt een enorme investering in de elektriciteitsinfrastructuur die hier voor noodzakelijk is. Verdere studie is aan te bevelen naar de mogelijkheden om de investeringen beperkt te houden.

6 Discussie

In dit onderzoek zijn drie mogelijkheden onderzocht voor een koppeling van windenergie met de bedrijfsactiviteiten van Marfo en McCain. De eerste mogelijkheid van een directe aansluiting van Marfo en McCain op Windnet is minder interessant geworden door aanpassingen in het tarief van Liander. Tevens is een extra aansluiting nodig omdat Windnet enkelvoudig is aangelegd. Hierdoor is de terugverdientijd voor McCain 19 jaar en voor Marfo 9 jaar. Bij aanpassing van het huidige windpark of voor realisatie van nieuwe windparken zou het Windnet mogelijk aangepast kunnen worden. De huidige afweging is niet meegenomen ten tijde van de aanleg. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat aanpassing van bestaande infrastructuur te kostbaar is. De publieke baten worden niet vergoed, namelijk besparingen door minder fluctuaties en lagere capaciteitsbehoefte op het elektriciteitsnetwerk.

De tweede mogelijkheid is extra flexibel vermogen beschikbaar laten komen door gebruik te maken van extra koeling of koeling afschakelen in de vriesbewaarcel van het bedrijf Marfo. Het regelvermogen is hier beperkt tot 200kW. De voordelen van deze methode zijn, nagenoeg geen extra energieverlies (behoud van exergie), een korte terugverdientijd van circa een 0,5 jaar en de geschiktheid voor het op- en afregelen van vermogen. Een zoektocht naar geschikt en regelbaar vermogen nabij de drie bedrijven of het kabeltracé van Windnet is nodig om deze optie te realiseren. Voor deze drie pro-actieve bedrijven is dat een lastige opgave. Een stuk regie vanuit de overheid of netwerkbedrijven zou hier welkom zijn. Dit om bijvoorbeeld beter inzichtelijk te krijgen welke bedrijven in de regio flexibel vermogen beschikbaar hebben.

Een derde mogelijkheid biedt stoomproductie met een elektrische boiler. Voor extra stoom productie is een groot regelvermogen beschikbaar van 34 MW. Deze methode heeft als nadelen, dat deze alleen geschikt is voor afregelen van vermogen, een flink verlies van exergie en een relatief lange terugverdientijd van 9 jaar. De lange terugverdientijd ontstaat door flinke investeringen, waar een lage gebruikstijd per dag tegenover staat. Veelal is de gebruikstijd minder dan één uur per dag bij de onbalansmarkt. Het continue inzetten van elektrische boiler is economisch gezien geen optie. Het beeld is ontstaan dat hiermee vooral een publiek probleem wordt opgelost, een stabiel en betaalbaar elektriciteitsnetwerk met lagere transportverliezen. Een mechanisme om deze publieke baten ter vertalen naar baten of een stimulans voor bedrijven ontbreekt vooralsnog. Deze stimulansen gelden ook voor de andere twee opties. Realisatie wordt veelal door hoge investeringskosten voor aanpassing van bestaande netwerken of installaties bemoeilijk. Een financiële stimulans, of subsidie, kan de terugverdientijd positief beïnvloeden.

7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Door tariefsaanpassingen van Liander en omdat de huidige netaansluiting moet blijven bestaan door de enkelvoudige transmissielijn, is een overgang naar Windnet voor Marfo en McCain niet interessant. Dit lijkt hierdoor tot terugverdientijden van respectievelijk 9 en 19 jaar.

De optie van stoomproductie met een elektrische boiler resulteert in een groot theoretisch regelvermogen van maximaal 34 MW. Dit regelvermogen past goed bij het maximum vermogen van 52 MW van het windpark van Wageningen UR. Door de flinke investeringen en de lage gebruikstijd is de terugverdientijd minimaal 7 jaar. In dit geval kan alleen gebruik gemaakt worden van het afregelen van vermogen. Daarnaast geldt dat de installaties meestal minder dan één uur per dag gebruikt worden voor de onbalansmarkt. Bij deze methode gaat ongeveer 50% van de exergie verloren. Verder speelt een rol dat bestaande ketels aangepast moeten worden. De afschrijftermijnen van dergelijke ketels zijn erg lang. Indien er een nieuwe ketel geplaatst moet worden of er sprake van vervanging is, dan geeft dit meer perspectief.

De mogelijkheid van extra flexibel vermogen beschikbaar laten komen door gebruik te maken van extra koeling of koeling afschakelen in de vriesbewaarcel is de meest interessante optie door de korte terugverdientijd van circa 0,5 jaar. De koelvriescellen zijn uitermate geschikt voor het op- en afregelen van vermogen en geven nagenoeg geen extra energieverlies. Het enige nadeel in deze casus is dat het regelvermogen in dit geval beperkt blijft tot 200kW. Gezien het maximaal windturbinevermogen van 52 MW is dit een zeer geringe fractie van het vermogen.

Een algemene conclusie is dat met de directe koppeling en/of inzet van flexibel vermogen voornamelijk een publiekdoel wordt gediend, een stabiel en betrouwbaar energienetwerk met lagere transportverliezen.

7.2 Aanbevelingen

Op basis van de conclusies is een aantal aanbevelingen geformuleerd. De directe aansluiting van Marfo en McCain op het Windnet-netwerk bleek niet haalbaar. In de discussie is de aanbeveling al gemaakt om bij nieuwe windinitiatieven de directe aansluitmogelijkheid mee te nemen in het project. Een vergelijkbare aanbeveling kan gemaakt worden richting netbeheerders. De investering in het netwerk voor het dubbeldraaien zou beperkt worden door een directe link tussen verbruikers en producenten. Voor het gebruik van flexibel vermogen is het de aanbeveling meer bedrijven te zoeken met vriesbewaarcellen nabij het kabeltracé. Op deze wijze kan het flexibele vermogen verder toenemen voor deze zeer rendabele methode. Een aanvullende aanbeveling is gericht aan de netwerkbeheerders. De beschikbaarheid van aanvullend regelvermogen is het niet of nauwelijks te beoordelen door deze drie pro-actieve bedrijven. De vraag in welke mate flexibel vermogen regionaal aanwezig is daardoor slecht in te schatten. Waarschijnlijk geldt dat de netwerkbeheerder wel inzicht heeft in de vraag en mogelijk ook de vraagtijdstippen per afnemer in het netwerk. Het gaat hier dan vooral om een stuk regie in het afstemming van vraag en aanbod van energie.

Een algemene conclusie dat met de directe koppeling en/of inzet van flexibel vermogen voornamelijk een publiekdoel wordt gediend, leidde tot de aanbeveling voor overheden om stimulansen te ontwikkelen. Stimulansen die de investeringen wel rendabel kunnen maken of de investeringen naar voren kunnen halen.

Bijlage 1: Offerte Windnet Oost-Flevoland



Postbus 8069 • 3301 CB Dordrecht • Nederland

WUR
 t.a.v. mevrouw A. Terbijhe
 Postbus 16
 6700 AA WAGENINGEN

Windnet Oost-Flevoland BV

Laan van Barcelona 800 • 3317 DD Dordrecht
 Postbus 8069 • 3301 CB Dordrecht
 tel.: 088-484 85 00 • fax: 088-484 85 01
 IBAN NL31RBOS0455973288
 Kamer van Koophandel nr 24117917, Dordrecht
 BTW nr NL0012.23.069.B.01

Onderwerp **Offerte Marfo en Mccain**
 Onze referentie **93009**
 Datum **8 maart 2016**
 Blad **1/2**

Geachte Mevrouw Terbijhe

Hierbij ontvangt u onze offerte voor de aansluiting en het transport voor Marfo en Mccain te Lelystad.

Wij verwachten dat deze aanbieding interessant voor Marfo & Mccain is, daar wij u het gebruik van onze 150kV-transporttarieven aanbieden op onze hoofdaansluiting. Verdere details vindt u in deze offerte.

Enmalige aansluitkosten

De prijs hiervoor bedraagt

€ 793.500,00

(zegge: zevenhonderddrieënnegentigduizendvijfhonderd Euro)

In deze aansluitkosten zijn inbegrepen:

- aansluiting van Marfo, wij leveren een 10kV-kabel aan;
- aansluiting van Mccain, wij leveren een 10kV-kabel aan;
- comptabele meetinrichtingen;
- EAN-code (grijs).

Levertijd: 12 maanden

Alternatief

Als alternatief bieden wij u aan het alleen aansluiten van Marfo.

De prijs hiervoor bedraagt

€ 400.000,00

(zegge: vierhonderdduizend Euro).

Alle genoemde prijzen zijn netto, exclusief B.T.W.

Jaarlijkse transporttarieven.

Wij rekenen u af op onze hoofdmeter conform de 150kV-transporttarieven van TenneT. Deze tarieven worden jaarlijks aangepast, zie hiervoor de website van TenneT.

De tarieven voor 2016 zijn:

Vastrecht transportdienst	€	2.760,00
kW gecontracteerd per jaar	€	15,41
kW max per maand	€	1,50

Maandelijkse kosten voor de meetrichting 1 t/m 2 MVA: € 126,75

Maandelijkse kosten voor de meetrichting 5 t/m 10 MVA: € 306,00



Onze referentie 93009
Datum 8 maart 2016
Blad 2/2

Indien u opdracht wil verstrekken dan sturen wij u een aansluit- en transportovereenkomst van Windnet Oost-Flevoland bv naar beide partijen toe. Deze aansluit- en transportovereenkomst is in grote lijnen gelijk aan het aansluit- en transportcontract van de netbeheerders, met één uitzondering dat:

- Windnet mag gepland 2 dagen per jaar spanningsloos voor onderhoud.

U betaalt mee aan het netverlies. Dit betekent verhoging/verlaging van uw importkosten/exportopbrengsten met circa 1,3%. Scholt Energy Control bv heeft de regie over de EAN-code netverlies en het verlies wordt naar rato van de kWh's over de aangeslotenen verdeeld.

Wij vertrouwen erop u hiermee een passende aanbieding te hebben gedaan en houden ons graag aanbevoelen voor uw opdracht.

Met vriendelijke groeten,
Windnet Oost-Flevoland BV

W.W. Persoon

Bijlage 2: Offerte Cofely Energie & Infra

Cofely Energy & Infra – WUR netaansluiting MarFo en McCain 3

Offerte WUR netaansluiting MarFo en McCain

Referentienummer : 30184682
 Datum : 12 februari 2016
 Contactpersoon : Ben Tuyp
 Telefoonnummer : 06 517 303 80
 E-mailadres : ben.tuyp@cofely-gdfsuez.nl

Geachte heer Verbruggen,

Zoals afgesproken ontvangt u hierbij onze aanbieding betreffende het aansluiten van de bedrijven MarFo en McCain te Lelystad op het Windnet Oost Flevoland t.w. het Windpark Neushoorntocht, Wageningen UR te Lelystad. Deze aanbieding is tot stand gekomen na diverse overleggen tussen u en Rob de Haas, Ben Tuyp en Wim van der Starre van Cofely.

PROJECTOMSCHRIJVING

Voor deze aanbieding zijn diverse varianten ten aanzien van de netwerk- / installatie opbouw, de locatie van het te realiseren onderstation en het te volgen kabel tracé onderzocht. Wij hebben gemeend u alleen de meest economische variant te doen toekomen, waarbij tevens benadrukt moet worden dat - in verband met onduidelijkheden ten aanzien van de installatieopbouw en Installatie Verantwoordelijkheid van beide bedrijfsinstallaties - onze leveringen en werkzaamheden stoppen met het opslag leggen van de kabel bij het inkoopstation van Lander bij MarFo respectievelijk het inkoopstation van Lander bij McCain.

In onze aanbieding zijn uitsluitend de volgende leveringen en werkzaamheden opgenomen:

1. Knip in windturbine NHT-10		
<ul style="list-style-type: none"> • Kabels invoeren, leggen in blokken en aansluiten op reserve veld MS verdeler (Ormazabal GA); • Afdichtingen kabeldoorvoeringen; • Eindsluitingen t.b.v. 3x1x150 mm². 	€	7.524,66
2. Verbinding NHT-10 naar Onderstation McCain		
<ul style="list-style-type: none"> • 3420 m YMeKvvaslqwd 12/20kV 1x150Alm-as50mm²; • 1020 m kabelsleuf, waarvan 230 m op 1,3 m diepte; • 100 m gestuurde boring; • 2x10 m persing; • 1140 m kabel leggen incl. afdekband, waarschuwingslint en kabellabels. 	€	121.606,56
3. Onderstation McCain (10MVA variant)		
Betreedbaar onderstation met 4 palenfundatie en transformator bak met 6 palenfundatie voorzien van:	€	511.291,69
<ul style="list-style-type: none"> • 23 kV verdeler 630 A, ≥20 kA/1s (KV); • 10 kV verdeler 630 A, ≥20 kA/1s (VVVM); • 10 MVA 22,5/10,5 kV Transformator, buitenopstelling, OLTC; <ul style="list-style-type: none"> • Trafo differentiaalbeveiliging; • Trafo spanningsregelaar (AVR) (10 kV niveau); • Trafobeveiliging (tempdruk); • Licht-, kracht en no-break installatie, (verlichting en secundaire installaties) <ul style="list-style-type: none"> • UPS voor schakelen en beveiligen; • Laagspanningsverdeler • Laagspannings(no-break)verdeler • 3x25 A LS voeding vanuit nabij gelegen trafostation T7 van McCain. • 60 m YMeKvvaslqwd 12/20 kV 1x150Alm-as50mm² (23 kV zijde trafo); • 60 m YMeKvvaslqwd 12/20 kV 1x400Alm-as50mm² (10 kV zijde trafo); <ul style="list-style-type: none"> • Kabels invoeren leggen in blokken en aansluiten op MS verdelers en transformator; • Afdichtingen kabeldoorvoeringen; • Eindsluitingen t.b.v. 4x (3x1x150 mm²) • Eindsluitingen t.b.v. 3x (3x1x400 mm²) • Veiligheidsaardingsinstallatie; • Hekwerk; • Olieafscheiderinstallatie voor opvang van hemelwater afkomstig van trafobak; 		

Cofely Energy & Infra – WUR netaansluiting MarFo en McCain **4**

4. Verbinding (directe lijn) WOF-WUR-OS-McCain -> Inkoopstation McCain		
<ul style="list-style-type: none"> • 750 m YMeKrvaslqwd 12/20 kV 1x400Airm-as50 mm²; • 220 m kabelsleuf op 1 m diepte; • 30 m gestuurde boring; • 250 m kabel leggen incl. afdekband, waarschuwingslint en kabellabels; • 32 m bestratingsherstelwerkzaamheden. 	€	35.375,74
5. Verbinding (directe lijn) WOF-WUR-OS-McCain -> Inkoopstation MarFo		
<ul style="list-style-type: none"> • 2160 m YMeKrvaslqwd 12/20 kV 1x150Airm-as50 mm²; • 640 m kabelsleuf op 1m diepte; • 30+50 m gestuurde boring; • 720 m kabel leggen incl. afdekband, waarschuwingslint en kabellabels; • 100 m bestratingsherstelwerkzaamheden. 	€	72.699,34

PRIJS

Totaalprijs voor basislevering en activiteiten		
<ul style="list-style-type: none"> • Zoals hierboven omschreven. 	€	748.500,00
Minderprijs voor alternatieve tracéligging		
<ul style="list-style-type: none"> • Conform bijlage 3. 	€	18.000,00 –



TECHNISCHE UITGANGSPUNTEN

- Zowel bij MarFo als McCain wordt het "Directe lijn" principe toegepast c.q. aangeboden aan Liander;
- Aansluitspanning op 10kV niveau;
- Contractvermogen McCain = 5,8MW;
- Contractvermogen MarFo = 1,6 tot 2MW;
- Eén gezamenlijk 23/10kV onderstation bij McCain;
 - De 23/10kV transformator dient te worden voorzien van een on-load spanningsregelaar (OLTC) i.v.m. een te hoge spanningsvariatie, maximale spanningsopdriving van het windpark (bij maximale windproductie) ten opzichte van maximaal spanningsverlies vanaf 150/23kV station (bij geen windproductie);
 - De 10MVA trafo komt buiten op een olieopvangbak (concept Tholen fase1);
 - De transformator wordt voorzien van temperatuur, druk, differentiaal beveiliging;
 - MS verdeelers zijn uitbreidbaar;
 - LS voeding t.b.v. het onderstation kan worden voorzien vanuit trafostation McCain-T7;
- De "knip" kan gerealiseerd worden in Windturbine Neushoortocht NHT-10;
- Vooralsnog zoveel mogelijk het type kabel toegepast welke in de Windturbine lijn is gebruikt (YMeKvaslqwd 12/20 kV 1x150Alrm-as50 mm2);

In onze offerte zijn geen kosten opgenomen voor:

- vergunningen;
- fabrieksafname;
- kWh meters, meetbedrijf en EI server;
- energiemangement, monitoring, dataverbindingen e.d.;
- synchronisatie en koppeling van het Windnet met het openbare net van Liander ("synchrocheck", "Ping-Pong" e.d.);
- bliksemafleidingsinstallatie onderstation McCain;
- werkzaamheden aan de bedrijfsinstallaties of inkoopstations van MarFo en McCain;
- het inzetten van schakelbevoegde van de Windturbine beheerder of netbeheerder;
- maatregelen t.g.v. aanwezig grondwater, grond(water) vervuiling en/of ondergrondse obstakels.

LEVERINGSVOORWAARDEN

- Van toepassing zijn de 'Algemene Leveringsvoorwaarden Installerende Bedrijven (ALIB2007)', UNETO-VNI 2007-47044.
- Alle genoemde bedragen zijn netto, exclusief B.T.W. en geldig voor uitvoering in 2016.
- Uitvoeringswerkzaamheden in een aaneengesloten periode zonder onderbreking in normale daguren (acht uur per dag) tussen 07.00 uur en 17.00 uur van maandag tot en met vrijdag.
- Onze prijs geldt uitsluitend bij opdracht voor het gehele werk.
- Deze offerte geldt voor 30 dagen na dagtekening van deze brief.
- Eventuele (gevolg)schades kunnen wij accepteren voor zover deze door onze assuradeur worden gedekt.

PLANNING

De planning komen wij graag in nader overleg met u overeen.

BETALINGSVOORWAARDEN

Onze offerte is gebaseerd op het volgende betalingschema:

- 15% bij opdracht;
- 30% bij aanvang werkzaamheden op locatie;
- 50% bij afronding montagewerkzaamheden;
- 5% bij oplevering as-built tekenwerk.

Betaling dient uiterlijk binnen 30 dagen na factuurdatum plaats te vinden.

VEILIGHEID

- De opdrachtgever staat er voor in dat de omstandigheden, waaronder werknemers van Cofely of haar onderaannemers hun werkzaamheden verrichten op het terrein of het werk van opdrachtgever, voldoen aan de daaraan te stellen (wettelijke) veiligheidseisen, gelijk aan die veiligheid die de opdrachtgever ook voor zijn eigen werknemers dient te waarborgen.
- Het is voor de veiligheid van uw en onze medewerkers noodzakelijk de eventuele risico's aan het werken in uw object, gebouw en/of installatie te inventariseren. In dat kader dient u ons vooraf eenduidig te informeren over de (eventuele) aanwezigheid van asbest in uw object, gebouw en/of installatie. Is asbest aanwezig, dan zullen de werkzaamheden waarbij asbest(stof) vrij kan komen, conform de betreffende regelgeving, worden uitgevoerd. De daaraan verbonden (extra) kosten, alsmede kosten van stilstand, inefficiëntie en van eventuele overheidsboetes, komen voor uw rekening.

DUURZAAMHEID



Wij zijn gecertificeerd volgens ISO14001 en werkt met een milieumanagementsysteem. Binnen onze organisatie zijn we ons bewust van onze medeverantwoordelijkheid voor de zorg voor mens en milieu. Wij dragen bij aan de doelstellingen van de overheid op dit gebied, door zorg te dragen voor een strenge naleving van de geldende regels. Het milieubeleid is, gezien de aard van onze werkzaamheden, geconcentreerd op een zogenaamd reststoffenbeleid en daarnaast op de optimalisatie van ons energiegebruik en de inzet van duurzame materialen.

Wij vertrouwen erop u hiermee een passende aanbieding te hebben gedaan en zien uw reactie met belangstelling tegemoet.

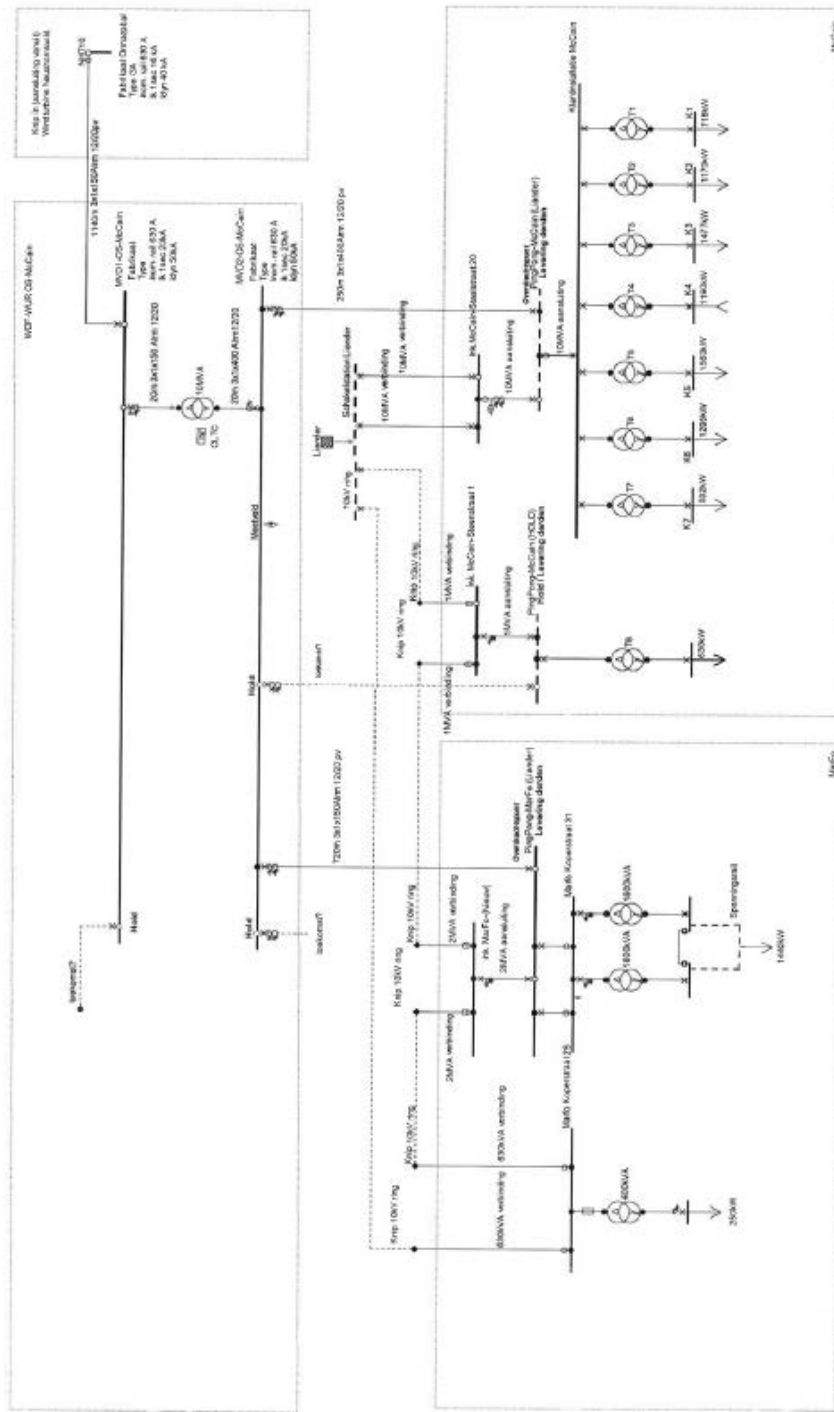
Met vriendelijke groet,
Cofely Energy & Infra

R.R.M. de Klerk
Tenderdirecteur

Bijlagen:

- BIJLAGE 1 - Enkellijnig schema – 10MVA Variant;
- BIJLAGE 2 - Kabeltracé;
- BIJLAGE 3 - Alternatief Kabeltracé;
- BIJLAGE 4 – Concept Indelingstekeningen 10MVA Onderstation McCain

BIJLAGE 1 - Enkellijng schema - 10kV variant



30184682 | 12 februari 2016

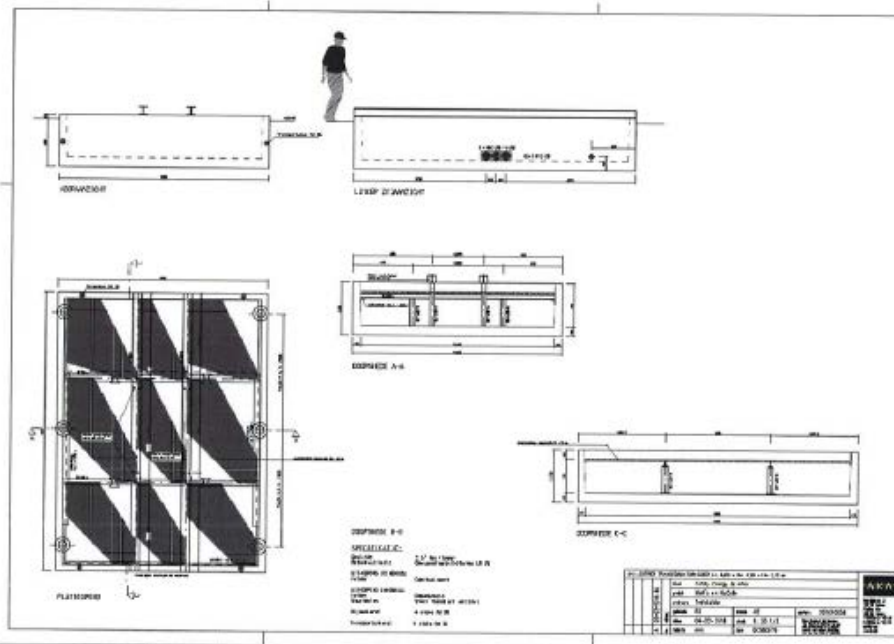
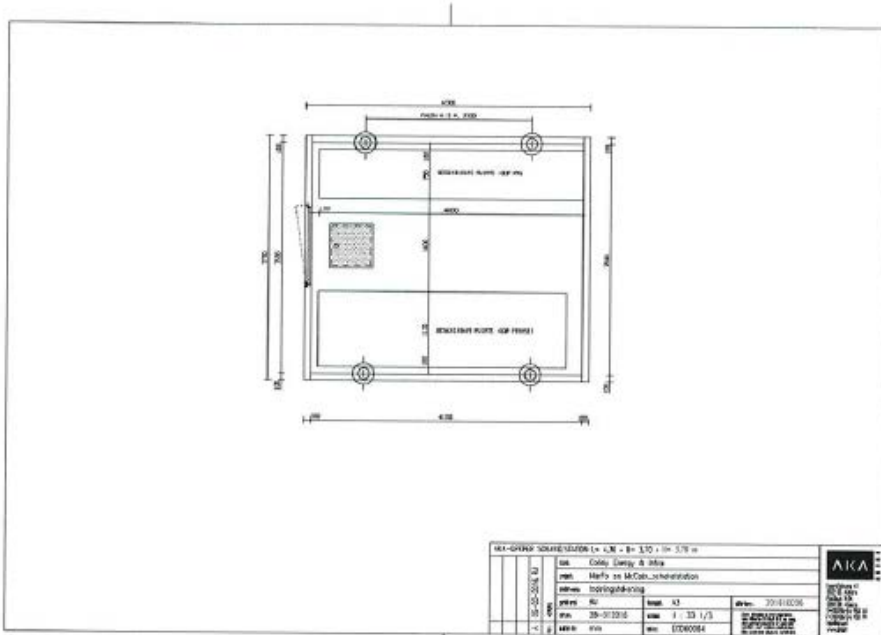
BIJLAGE 2 – Kabeltracé



BIJLAGE 3 – Alternatief Kabeltracé



BIJLAGE 4 – Concept Indelingstekeningen 10MVA Onderstation McCain



30184682 | 12 februari 2016

Bijlage 3: Berekening waarde flexibel vermogen Marfo

Accu		Marfo							
Periode	2015-01-01 tot 2016-01-01								
doorrekeningtijd	14 seconden								
Opbrengst ontladen	€ 10.538								
Opbrengst laden	€ 8.419								
Opbrengst totaal	€ 18.957								
maand	extreem af	extreem op	kWh ontladen	kWh laden	kWh som	€ ontladen	€ laden	€ som	€/MWh
januari	9	3	-16.467	15.650	32.117	€ 1.245	€ 704	€ 1.949	€ 60,69
februari	0	9	-10.410	12.873	23.283	€ 558	€ 503	€ 1.061	€ 45,58
maart	11	2	-19.770	16.300	36.070	€ 1.115	€ 734	€ 1.849	€ 51,26
april	4	6	-18.357	19.757	38.113	€ 782	€ 905	€ 1.688	€ 44,29
mei	12	2	-18.963	18.110	37.073	€ 903	€ 796	€ 1.700	€ 45,84
juni	15	1	-20.203	19.920	40.123	€ 1.051	€ 793	€ 1.844	€ 45,96
juli	4	10	-16.557	20.617	37.173	€ 685	€ 1.207	€ 1.892	€ 50,90
augustus	8	0	-19.940	14.947	34.887	€ 1.092	€ 619	€ 1.712	€ 49,06
september	4	2	-20.180	23.903	44.083	€ 963	€ 824	€ 1.788	€ 40,55
oktober	15	2	-20.167	19.133	39.300	€ 838	€ 376	€ 1.214	€ 30,90
november	4	3	-19.760	19.123	38.883	€ 822	€ 448	€ 1.269	€ 32,65
december	15	2	-13.600	14.973	28.573	€ 483	€ 508	€ 990	€ 34,66
jaar	101	42	-214.373	215.307	429.680	€ 10.538	€ 8.419	€ 18.957	€ 44,12

maand	extreem af	extreem op	kWh ontladen	kWh laden	kWh som	€ ontladen	€ laden	€ som	€/MWh
januari	0	0	-22.672	25.672	48.344	€ 1.549	€ 609	€ 2.158	€ 44,65
februari	0	0	-12.552	12.552	25.104	€ 673	€ 222	€ 895	€ 35,64
maart	0	0	-25.444	23.564	49.008	€ 1.408	€ 483	€ 1.891	€ 38,58
april	0	0	-25.120	26.768	51.888	€ 1.018	€ 623	€ 1.640	€ 31,61
mei	0	0	-37.932	33.244	71.176	€ 1.322	€ 931	€ 2.253	€ 31,65
juni	0	0	-41.052	43.200	84.252	€ 1.583	€ 1.187	€ 2.770	€ 32,88
juli	0	0	-26.080	28.852	54.932	€ 942	€ 881	€ 1.823	€ 33,19
augustus	0	0	-41.228	37.652	78.880	€ 1.700	€ 871	€ 2.570	€ 32,59
september	0	0	-28.044	31.620	59.664	€ 1.248	€ 798	€ 2.046	€ 34,30
oktober	0	0	-28.484	28.484	56.968	€ 1.042	€ 333	€ 1.376	€ 24,15
november	0	0	-30.732	29.736	60.468	€ 1.141	€ 456	€ 1.597	€ 26,41
december	0	0	-27.248	28.208	55.456	€ 752	€ 575	€ 1.327	€ 23,93
jaar	0	0	-346.588	349.552	696.140	€14.377	€7.970	€2.347	€32,10

Accu		Stb2							
Periode	2015-01-01 tot 2016-01-01								
doorrekentijd	14 seconden								
Opbrengst ontladen	€ 29.890								
Opbrengst laden	€ 16.533								
Opbrengst totaal	€ 46.423								
maand	extreem af	extreem op	kWh ontladen	kWh laden	kWh som	€ ontladen	€ laden	€ som	€/MWh
januari	0	0	-47.233	53.233	100.467	€ 3.228	€ 1.262	€ 4.489	€ 44,69
februari	0	0	-26.150	26.150	52.300	€ 1.401	€ 463	€ 1.864	€ 35,64
maart	0	0	-53.008	49.092	102.100	€ 2.933	€ 1.006	€ 3.939	€ 38,58
april	0	0	-52.333	55.767	108.100	€ 2.120	€ 1.297	€ 3.417	€ 31,61
mei	0	0	-78.408	68.642	147.050	€ 2.750	€ 1.929	€ 4.679	€ 31,82
juni	0	0	-85.008	89.483	174.492	€ 3.294	€ 2.464	€ 5.758	€ 33,00
juli	0	0	-53.817	59.592	113.408	€ 1.902	€ 1.811	€ 3.714	€ 32,75
augustus	0	0	-85.333	77.883	163.217	€ 3.547	€ 1.795	€ 5.342	€ 32,73
september	0	0	-58.425	65.875	124.300	€ 2.600	€ 1.663	€ 4.263	€ 34,30
oktober	0	0	-59.342	59.342	118.683	€ 2.172	€ 694	€ 2.866	€ 24,15
november	0	0	-64.025	61.950	125.975	€ 2.377	€ 951	€ 3.327	€ 26,41
december	0	0	-56.767	58.767	115.533	€ 1.566	€ 1.198	€ 2.764	€ 23,93
jaar	0	0	-719.850	725.775	1.445.625	€ 29.890	€ 16.533	€ 46.423	€ 32,11

Accu		Stb3							
Periode	2015-01-01 tot 2016-01-01								
doorrekeningtijd	13 seconden								
Opbrengst ontladen	€ 59.780								
Opbrengst laden	€ 33.066								
Opbrengst totaal	€ 92.846								
maand	extreem af	extreem op	kWh ontladen	kWh laden	kWh som	€ ontladen	€ laden	€ som	€/MWh
januari	0	0	-94.467	106.467	200.933	€ 6.455	€ 2.524	€ 8.979	€ 44,69
februari	0	0	-52.300	52.300	104.600	€ 2.802	€ 926	€ 3.728	€ 35,64
maart	0	0	-106.017	98.183	204.200	€ 5.865	€ 2.013	€ 7.878	€ 38,58
april	0	0	-104.667	111.533	216.200	€ 4.240	€ 2.595	€ 6.835	€ 31,61
mei	0	0	-156.817	137.283	294.100	€ 5.500	€ 3.858	€ 9.358	€ 31,82
juni	0	0	-170.017	178.967	348.983	€ 6.588	€ 4.928	€ 11.516	€ 33,00
juli	0	0	-107.633	119.183	226.817	€ 3.804	€ 3.623	€ 7.427	€ 32,75
augustus	0	0	-170.667	155.767	326.433	€ 7.095	€ 3.590	€ 10.684	€ 32,73
september	0	0	-116.850	131.750	248.600	€ 5.200	€ 3.326	€ 8.526	€ 34,30
oktober	0	0	-118.683	118.683	237.367	€ 4.343	€ 1.388	€ 5.731	€ 24,15
november	0	0	-128.050	123.900	251.950	€ 4.754	€ 1.901	€ 6.655	€ 26,41
december	0	0	-113.533	117.533	231.067	€ 3.132	€ 2.397	€ 5.529	€ 23,93
jaar	0	0	1.439.700	1.451.550	2.891.250	€ 59.780	€ 33.066	€ 92.846	€ 32,11

Bijlage 4: Specificaties en beschrijving elektrische boiler

CERTUSS
 Dampfautomaten

Dampfautomat E 100

E 100: ein echter CERTUSS

Der Elektro-Dampfautomat E 100 ist ein echter CERTUSS, das heißt schnelle Anheizzeit, geringer Platzbedarf, servicefreundlich, verlustarm, sofortige Leistungsanpassung. Nach der Europäischen Druckgeräte Richtlinie 97/23 EG fällt der E100 unter die Kategorie III mit Produkt aus Wasserinhalt (I) x höchstzulässigem Dampfdruck (bar) <1000. Er ist EG-baumustergeprüft. Der Dampfautomat E 100 unterliegt für die Aufstellung und den Betrieb in den EG-Mitgliedsländern erleichterten Bedingungen. In Deutschland ist er TÜV-überwachungs- und genehmigungsfrei.

E 100: klein, komplett und sicher

Der E 100 ist ein kompletter, betriebsbereiter, elektronisch geregelter Dampfautomat mit eingebautem Speiswasserbehälter und Speisewasserpumpe sowie doppelt ausgeführten Sicherungseinrichtungen für Druck und Temperatur.

Bauseits sind nur die Ent- und Versorgungsleitungen zu installieren. Die Steuerung erfolgt über ein Multifunktions-Display. Dort werden alle Funktionen und Störungen im Klartext angezeigt.

Der gewünschte Arbeitsdampfdruck ist zwischen 4 bar und dem maximalen Dampfdruck (6, 10



oder 12 bar) stufenlos einstellbar. Alle Betriebs- und Störanzeigen können an eine bauseitige ZLT weitergegeben werden

E 100 mit "Thermotimat": vollautomatischer Betrieb.

Mit "Thermotimat" als Zusatzausrüstung ist ein vollautomatischer Start- und Abschaltbetrieb über eine integrierte Wochenschaltuhr oder bauseitigen Fremdpuls aus Maschinen, SPS, Fernschalter usw. möglich.

Automatische Entschlammung

Der Dampfautomat E 100 kann zusätzlich mit automatischer Entschlammung ausgerüstet werden, die nach jeder Betriebsabschaltung von Hand oder im Automatikbetrieb das Drucksystem selbstständig entschlämmt.

Automatische Absalzung

Eine Einrichtung zur vollautomatischen Absalzung, zeitabhängig gesteuert, ist serienmäßig eingebaut.

Elektronisch geregelte Elektroheizung

Die Beheizung erfolgt über einen Kompaktheizstab mit großer Heizfläche, dessen Heizleistung stufenlos über einen Drucksensor, verteilt auf drei elektronische Leistungsschütze, geregelt wird. Über einen serienmäßig eingebauten, handbedienbaren Leistungswahlschalter kann die Beheizungsleistung auf 1/3 oder 2/3 Last begrenzt werden.

CERTUSS Öl/Gas Dampfautomaten in 7 Baugrößen

CERTUSS Dampfautomaten mit Öl-, Gas- oder kombinierter Beheizung gibt es für jede Anforderung in sieben Baugrößen in den Baureihen Junior und Universal von 80 bis 1800 kg/h Dampfleistung (siehe auch Tabellen auf der Rückseite). Auch als Batterieanlagen zur wirtschaftlichen und betriebssicheren Dampfversorgung einzusetzen.

1 MPa (10 bar) = 145 psi
10 psi = 0,069 MPa (0,69)
1 kW = 3413 BTU
1000 BTU = 0,293 kW

CERTUSS

Dampfautomaten

Dampfautomat E 100

E 100: ein echter CERTUSS

Der Elektro-Dampfautomat E 100 ist ein echter CERTUSS, das heißt schnelle Anheizzeit, geringer Platzbedarf, servicefreundlich, verlustarm, sofortige Leistungsanpassung. Nach der Europäischen Druckgeräte Richtlinie 97/23 EG fällt der E100 unter die Kategorie III mit Produkt aus Wasserinhalt (I) x höchstzulässigem Dampfdruck (bar) <1000. Er ist EG-baumustergeprüft. Der Dampfautomat E 100 unterliegt für die Aufstellung und den Betrieb in den EG-Mitgliedsländern erleichternden Bedingungen. In Deutschland ist er TÜV-überwachungs- und genehmigungsfrei.

E 100: klein, komplett und sicher

Der E 100 ist ein kompletter, betriebsbereiter, elektronisch geregelter Dampfautomat mit eingebautem Speisewasserbehälter und Speisewasserpumpe sowie doppelt ausgeführten Sicherungseinrichtungen für Druck und Temperatur. Bauseits sind nur die Ent- und Versorgungsleitungen zu installieren. Die Steuerung erfolgt über ein Multifunktions-Display. Dort werden alle Funktionen und Störungen im Klartext angezeigt. Der gewünschte Arbeitsdampfdruck ist zwischen 4 bar und dem maximalen Dampfdruck (6, 10



oder 12 bar) stufenlos einstellbar. Alle Betriebs- und Störanzeigen können an eine bauseitige ZLT weitergegeben werden

E 100 mit "Thermotimat": vollautomatischer Betrieb.

Mit "Thermotimat" als Zusatzausrüstung ist ein vollautomatischer Start- und Abschaltbetrieb über eine integrierte Wochenschaltuhr oder bauseitigen Fremdpuls aus Maschinen, SPS, Fernschalter usw. möglich.

Automatische Entschlammung

Der Dampfautomat E 100 kann zusätzlich mit automatischer Entschlammung ausgerüstet werden, die nach jeder Betriebsabschaltung von Hand oder im Automatikbetrieb das Drucksystem selbstständig entschlämmt.

Automatische Absatzung

Eine Einrichtung zur vollautomatischen Absatzung, zeitabhängig gesteuert, ist serienmäßig eingebaut.

Elektronisch geregelte Elektroheizung

Die Beheizung erfolgt über einen Kompaktheizstab mit großer Heizfläche, dessen Heizleistung stufenlos über einen Drucksensor, verteilt auf drei elektronische Leistungsschütze, geregelt wird. Über einen serienmäßig eingebauten, handbedienbaren Leistungswahlschalter kann die Beheizungsleistung auf 1/3 oder 2/3 Last begrenzt werden.

CERTUSS Öl/Gas Dampfautomaten in 7 Baugrößen

CERTUSS Dampfautomaten mit Öl-, Gas- oder kombinierter Beheizung gibt es für jede Anforderung in sieben Baugrößen in den Baureihen Junior und Universal von 80 bis 1800 kg/h Dampfleistung (siehe auch Tabellen auf der Rückseite). Auch als Batterieanlagen zur wirtschaftlichen und betriebssicheren Dampfversorgung einzusetzen.

1 MPa (10 bar) = 145 psi
10 psi = 0,069 MPa (0,69)
1 kW = 3413 BTU
1000 BTU = 0,293 kW

