

Energieopslag voor een Duurzame Toekomst: De rendabiliteit van een energieopslagsysteem

AFSTUDEERWERKSTUK

STAN VAN HAARE

Auteur

Naam: Stan van Haare

Studentnummer: 3041663

Email: 3041663@aeres.nl

Opdrachtgever

Organisatie: Pluimveebedrijf van Haare

Bedrijfsbegeleider: Sjaak van Haare

Adres: Peelsteeg 5, 5446 NC Wanroij

Onderwijsinstelling:

Instelling: Aeres Hogeschool Dronten

Adres: De Drieslag 4, 8251 JZ Dronten

Opleidingsgegevens:

Opleidingsniveau: HBO Associate Degree

Studie: Bedrijfskunde en Agribusiness

Afstudeerbegeleider: Michiel Klaassen

Inleverdatum: Augustus

Kans: 1

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie "Energieopslag voor een Duurzame Toekomst: De Rendabiliteit van een Energiesysteem". Dit onderzoek symboliseert het afronden van mijn studie en is het resultaat van maandenlang hard werken, toegewijd onderzoek en inzet.

Duurzaamheid is altijd een belangrijk aspect geweest in ons bedrijf. Dit onderzoek naar energieopslagsystemen biedt een unieke kans om onze duurzaamheidsinspanningen naar een hoger niveau te tillen en ons te positioneren als een toekomstgericht en energie-efficiënt bedrijf.

Gedurende mijn studie werd ik geïnspireerd door de uitdagingen en mogelijkheden op het gebied van duurzaamheid en hernieuwbare energie. Het besef van de dringende behoefte aan een duurzame energievoorziening motiveerde me om me te verdiepen in energieopslagsystemen als cruciale componenten van deze transformatie.

Het doel van dit afstudeeronderzoek is om helder inzicht te krijgen in de rendabiliteit van een energieopslagsysteem voor ons bedrijf. Hiermee beoog ik een bijdrage te leveren aan het begrip van energieopslagsystemen en positieve impact te genereren in het verwezenlijken van duurzaamheidsdoelen. Mijn hoop is dat mijn bevindingen anderen kunnen inspireren om stappen te ondernemen en bij te dragen aan een groenere toekomst.

Mijn waardering gaat uit naar Michiel Klaassen, wiens nuttige adviezen en kritische inzichten hebben bijgedragen aan het succes van dit onderzoeksproces. Zijn ondersteuning was erg belangrijk voor het voltooien van dit onderzoek.

Ik wil graag mijn dank uitspreken aan pluimveebedrijf van Haare voor de gelegenheid die ze mij hebben geboden om aan dit verslag te werken en voor de waardevolle informatie die ik van hen heb gekregen. Daarnaast wil ik alle mensen bedanken die tijdens mijn onderzoek hebben bijgedragen door hun steun en input.

Ik wens u veel plezier bij het lezen van dit werk.

Met vriendelijke groet,

Stan van Haare

Student Bedrijfskunde en Agribusiness

Wanroij, 13 augustus 2023

Samenvatting

Dit afstudeeronderzoek richt zich op de vraag of het rendabel is voor Pluimveebedrijf van Haare om een energieopslagsysteem aan te schaffen. Momenteel koopt het bedrijf energie in op momenten van vraag en levert het bedrijf energie terug wanneer er overschot is, wat resulteert in extra energie-inkoop vanwege de wisselende opwekking van zonnepanelen. Met een energieopslagsysteem zou het bedrijf beter gebruik kunnen maken van zelf opgewekte energie en kunnen sturen op inkoop en verkoop op gunstige momenten.

Het onderzoek omvat zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek, waarbij gegevens verzameld zijn via deskresearch en een interview. De markt voor energieopslag biedt verschillende batterijtypen, waarbij de lithium-ion batterij het meest voorkomende type is vanwege de hoge energiedichtheid en kostenefficiëntie. Waterstof is een duurzaam alternatief, maar momenteel nog in een vroeg stadium van ontwikkeling en brengt hogere kosten met zich mee dan een lithium-ion batterij.

Een lithium-ion batterijsysteem met een opslagcapaciteit van 500 kWh wordt aanbevolen voor Pluimveebedrijf van Haare, omdat het de opslag van overtollige energie van zonnepanelen mogelijk maakt. Het systeem kan echter niet volledig worden benut vanwege het beperkte transportvermogen van slechts 83 kW, wat deelname aan de energiemarkt minder aantrekkelijk maakt. Een waterstofopslagsysteem wordt momenteel niet aanbevolen vanwege hogere kosten en een vroege ontwikkelingsfase.

In het onderzoek is onderzocht op welke manier het energieopslagsysteem ingezet kan worden. Er zijn drie verschillende situaties onderzocht: het optimaliseren van eigen energiegebruik, het verhandelen van energie op de EPEX-handelsmarkt, en het verhandelen van energie op de onbalansmarkt. Uit het onderzoek is gebleken dat het verhandelen op de onbalansmarkt rendabel kan zijn voor het bedrijf.

Echter, om optimaal te profiteren van alle voordelen van het systeem, is het essentieel dat het bedrijf zijn transportvermogen verhoogt en mogelijke overbelasting van het elektriciteitsnet aanpakt. Zodra deze aanpassingen zijn gemaakt, kan naar verwachting een terugverdientijd van ongeveer 10,3 jaar gerealiseerd worden. Na deze tijdsperiode kan het systeem winst genereren.

Het onderzoek benadrukt het belang van voortdurende monitoring en evaluatie van het energiesysteem, met flexibiliteit en aanpassingsvermogen om duurzaamheidsdoelen te realiseren. Een energieopslagsysteem biedt mogelijkheden om energie-efficiënter te werken, kosten te besparen en inkomsten te genereren, maar vereist een grondige kosten-batenanalyse en rekening houden met technologische beperkingen en regelgeving.

Aanbevolen wordt om eerst de mogelijkheden te onderzoeken om het transportvermogen te verhogen voordat de investering in het energieopslagsysteem wordt overwogen. Met een verbeterde transportcapaciteit kan het lithium-ion batterijsysteem een belangrijke stap zijn naar een duurzamere en rendabelere bedrijfsvoering voor Pluimveebedrijf van Haare.

- Inhoudsopgave

| | |
|---|----|
| Voorwoord | 2 |
| Samenvatting | 3 |
| 1 Inleiding | 5 |
| 1.1 Organisatieomschrijving..... | 5 |
| 1.2 Aanleiding | 5 |
| 1.3 Probleemanalyse | 7 |
| 1.4 Probleemstelling..... | 8 |
| 1.5 Doelstelling..... | 8 |
| 1.6 Hoofdvraag..... | 8 |
| 1.7 Deelvragen..... | 8 |
| 2 Methodologie..... | 9 |
| 3 Resultaten..... | 10 |
| 3.1 Welk energieopslagsysteem past het beste bij pluimveebedrijf van Haare? | 10 |
| 3.1.1 Batterijopslagsystemen | 10 |
| 3.1.2 Waterstofopslagsystemen..... | 11 |
| 3.1.3 Resultaten..... | 11 |
| 3.2 Wat is er nodig om een energieopslagsysteem te realiseren? | 12 |
| 3.2.1 Batterijen of opslagmedia: | 12 |
| 3.2.2 Energie-opwekkingssysteem | 12 |
| 3.2.3 Omvormers en regelsystemen | 12 |
| 3.2.4 Elektrische aansluitingen..... | 13 |
| 3.2.5 Ruimte | 13 |
| 3.2.6 Vergunningen en regelgeving:..... | 14 |
| 3.2.7 Resultaten..... | 14 |
| 3.3 Op welke manier kan er gebruik gemaakt worden van een energieopslagsysteem om er meer rendabiliteit uit te halen? | 15 |
| 3.3.1 Resultaten..... | 17 |
| 3.4 Wat is de terugverdientijd van een energieopslagsysteem? | 18 |
| 3.4.1 Kosten van een energieopslagsysteem | 18 |
| 3.4.2 Opbrengsten van een energieopslagsysteem | 20 |
| 3.4.3 Resultaten..... | 24 |
| 4 Discussie & reflectie | 26 |
| 5 Conclusie & aanbeveling | 28 |
| Bibliografie | 29 |
| Bijlage | 32 |

1 Inleiding

1.1 Organisatieomschrijving

Pluimveebedrijf van Haare, gelegen in Wanroij, is een vermeerderingsbedrijf wat circa 40.000 moederdieren houdt. Deze 40.000 moederdieren produceren broedeieren welke opgehaald worden door een externe broederij. Deze eieren worden in broedkasten geplaatst waar de eieren uitgebroed worden als kuiken, deze kuikens worden gebruikt voor de vleeskuikenindustrie.

Het bedrijf heeft de laatste jaren behoorlijk geïnvesteerd in zonnepanelen. Het bedrijf heeft in het jaar 2017 een aanschaf gedaan van 1144 zonnepanelen. Elk zonnepaneel telt een piekvermogen van 315 kWp. De totale installatie vormt een vermogen van 360.360 kWp per jaar. De rendabiliteit van een zonnepaneel is 93% ten opzichte van het piekvermogen van een zonnepaneel, hiermee wordt de verwachte opbrengst van de installatie berekend: $360.360 \cdot 0,93 = 335.135$ kWh per jaar.

Het bedrijf heeft in het jaar 2021 een aanschaf gedaan van 1450 zonnepanelen. Deze zonnepanelen zijn nieuwer en verbeterd vergeleken met bestaande installatie waardoor deze zonnepanelen een vermogen hebben van 370 kWp.. Hieruit vormt een totaal vermogen van 536.500 kWp. De rendabiliteit is hetzelfde als de vorige installatie, 93%. Hiermee wordt de verwachte opbrengst van de installatie berekend: $536.500 \cdot 0,93 = 498.945$ kWh per jaar.

Door deze installaties bij elkaar op te tellen kan er jaarlijks 834.080 kWh aan energie geproduceerd worden ($335.135 + 498.945 = 834.080$ kWh).

Het bedrijf koopt circa 170.000 kWh energie in vanaf het energienet (zie Bijlage 5). Wanneer de zonnepanelen energie opwekken, levert het bedrijf een aanzienlijk deel van deze energie terug aan het net. Op jaarbasis levert het bedrijf circa 650.000 kWh energie per jaar terug aan het net (zie Bijlage 6).

1.2 Aanleiding

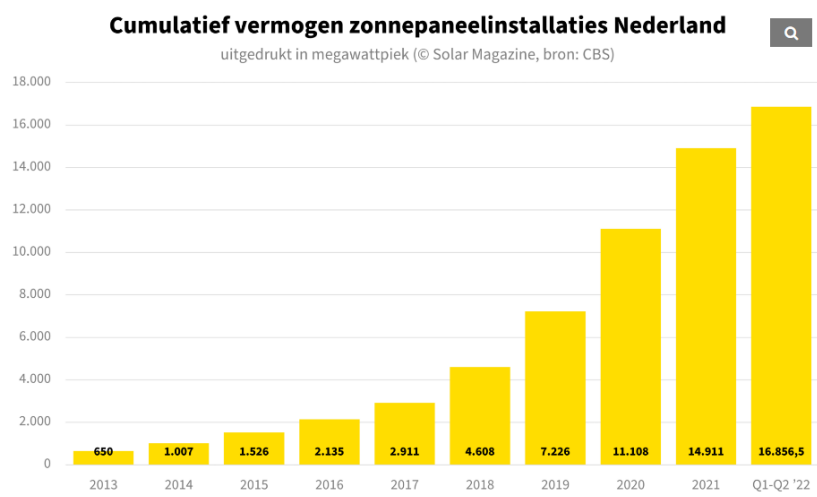
Dit is een onderzoek voor de afronding van de opleiding Bedrijfskunde en Agribusiness aan de Aeres Hogeschool in Dronten. In dit rapport staat wat er onderzocht gaat worden en hoe de methode er uit zal zien. Dit onderzoek is in opdracht van pluimveebedrijf van Haare, waarmee er bepaald wordt of het interessant is om te investeren in een energieopslagsysteem.

Het onderzoek richt zich op de rendabiliteit van een energieopslagsysteem dat de mogelijkheid biedt om zelf opgewekte energie op te slaan. Hierdoor kan het bedrijf de resterende elektriciteit flexibel aankopen of verkopen op momenten met hoge of lage energieprijzen. Het doel is om meer omzet te genereren om het systeem terug te verdienen en uiteindelijk winst te behalen. Het onderzoek evalueert specifiek de rendabiliteit van een energieopslagsysteem voor pluimveebedrijf van Haare.

In de afgelopen jaren is het aantal zonnepanelen in Nederland aanzienlijk toegenomen, wat heeft geleid tot een overbelasting van het energienet. Dit blijkt uit een bericht van *Zon zorgt voor duurzaam jaar*:

In 2022 hadden Nederlandse elektriciteitsbedrijven daarover niets te klagen. De zon scheen meer dan ooit: voor het eerst meer dan 2200 uur. Het aantal zonnepanelen in ons land stijgt daarbij ook nog eens hard. In 2021 waren het er zo'n 48 miljoen, en naar verwachting van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland zijn daar vorig jaar zo'n 10 miljoen panelen bijgekomen. Precieze cijfers daarover worden nog berekend. Eén op de vier huishoudens heeft inmiddels eigen zonne-energie, waarmee we naar verhouding de meeste zonnepanelen van Europa hebben. Wereldwijd heeft alleen Australië er meer. (Van der Meer, 2023)

Zoals op de vorige pagina is beschreven zijn er erg veel zonnepanelen bij gekomen. Door deze zonnepanelen ontstaat er meer vermogen. De resultaten in Grafiek 1 (Van Gastel, 2023), laten zien dat het aantal vermogen per jaar van de zonnepaneelinstallaties in Nederland erg verhoogd is.



Grafiek 1

Noot. Herdrukt van “Nederland installeerde 1.945 megawattpiek zonnepanelen in eerste helft 2022”, door van Gastel, E. 2023, 2 januari. Geraadpleegd van <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i28671/nederland-installeerde-1-945-megawattpiek-zonnepanelen-in-eerste-helft-2022>

Dat is positief voor de duurzame energie, maar dit is negatief voor het energienet. Wanneer er op een bepaalde dag veel duurzame energie wordt opgewekt, wordt het energienet extreem belast. Dit komt omdat het opwekken en het verbruiken van duurzame energie niet samenvallen. Hierdoor is flexibiliteit in de vorm van lange of korte termijn elektriciteitsopslag nodig wat zeker een toekomstbeeld heeft (Poelen, 2022).

Veel bedrijven zien er een verdienmodel in en investeren in een energieopslagsysteem. Maar waar komt het verdienmodel vandaan en is de investering wel rendabel? Door deze vragen is het onderwerp gevormd van het onderzoek.

Een pluimveebedrijf in Someren wat vergelijkbaar is met pluimveebedrijf van Haare heeft een jaar geleden een investering gedaan in een energieopslagsysteem. Door deze investering ging de interesse van pluimveebedrijf van Haare ook naar een energieopslagsysteem omdat het bedrijf ook veel zonnepanelen heeft.

In *Scholt Energy gaat zonnepark en batterij van Engelen Energie inzetten op balanceringsmarkten* staat het volgende over het pluimveebedrijf in Someren beschreven:

Engelen Energie en Scholt Energy hebben een overeenkomst gesloten voor de inzet van een groot zonnepark en een energieopslagsysteem op de energie- en balanceringsmarkten voor elektriciteit. De familie Engelen in Someren investeert in de energietransitie en de diverse eigen pluimveebedrijven zijn daarom volledig duurzaam in hun bedrijfsvoering. Door een batterij met een capaciteit van 1,3 MW naast het eigen zonnepark (6 Megawattpiek) van Engelen Energie te plaatsen, opereert het bedrijf nóg duurzamer. De intentie van de familie is om volgend jaar op te schalen naar in totaal circa 3,9 MW aan batterijcapaciteit. (Scholt Energy, 2022)

1.3 Probleemanalyse

Volgens Tjitte Mastenbroek (2021) is het opslaan van elektrische energie erg belangrijk:

Opslag van energie biedt flexibiliteit die nodig is om het elektriciteitsnet in balans te houden. Opslag van duurzame energie wordt ook steeds belangrijker omdat Nederland overschakelt van elektriciteit uit kolen- en gascentrales naar wind- en zonne-energie. De beschikbare wind- en zonne-energie is sterk afhankelijk van het weer en van de seizoenen en is daardoor veel moeilijker te regelen. Het lokaal opslaan van energie kan ook helpen om krapte op het energienet op te lossen. Opgewekte energie die tijdens piekmomenten niet getransporteerd kan worden kan dan tijdelijk lokaal worden opgeslagen. Dit kan voorkomen dat windmolens of zonneparken tijdelijk uitgeschakeld moeten worden.

Pluimveebedrijf van Haare heeft op jaarbasis een energieverbruik van circa 355.000 kWh. Met de zonnepanelen wekt het bedrijf circa 834.080 kWh op. Van de opgewekte energie wordt jaarlijks circa 185.000 kWh rechtstreeks op het bedrijf verbruikt. De overige energie, circa 650.000 kWh wordt terug geleverd aan het net. Het bedrijf koopt op jaarbasis circa 170.000 kWh energie in vanaf het net.

De energie wordt geleverd op het net en ingekocht/verkocht door een energieleverancier. Pluimveebedrijf van Haare heeft afspraken met een leverancier over de inkoop en verkoopprijzen. Momenteel heeft Pluimveebedrijf van Haare een energiecontract bij Engie voor de inkoop en verkoop van energie. De energieprijs wordt bepaald aan de hand van de EPEX-energiebeurs, met daarop een op- en afslag op de energieprijzen.

Dit kan met lange termijncontracten op de energiebeurs of op de handelsbeurs per dag. De handelsbeurs per dag wordt de EPEX genoemd. Deze beurs is gemiddeld gezien 10 tot 20 % goedkoper dan de lange termijnbeurs, de lange termijnbeurs wordt ENDEX genoemd. De handel in elektriciteit vindt een dag voor levering plaats. De marktpartijen leggen hun orders volledig geautomatiseerd in, waarna vraag en aanbod worden geanalyseerd en marktprijzen tot stand komen voor de volgende dag, per uur gedifferentieerd. De EPEX publiceert dagelijks prijsindicaties die worden gebruikt als referentieprijs in de markt (NieuweStroom z.d.)

De EPEX-handelsbeurs toont op 24 augustus 2022 (zie Bijlage 1, Figuur 1) een bedrag van 850 euro per MWh. Dit komt neer op 85 cent per kWh, dit is het hoogste bedrag in jaren. Ter vergelijking is de energieprijs op 21 juli 2023 gedaald naar 130 euro per MWh, wat neer komt op 13 cent per kWh. (Zie bijlage 2, Figuur 2).

Door bijvoorbeeld de oorlog tussen Rusland en Oekraïne zijn de energieprijzen massaal gestegen omdat de gastoevoer en olietoelevering werd verminderd. Hierdoor werd het lastiger om stroom op te wekken in centrales.

De toenemende energieprijzen zorgen ervoor dat zonnepanelen aantrekkelijk zijn, omdat ze de behoefte aan energie van het net verminderen. Toch wordt de aantrekkelijkheid verder vergroot door de aanwezigheid van een energieopslagsysteem. Hiermee kan bijvoorbeeld de accu de dagelijkse zonneproductie opslaan voor later gebruik. Er zijn verschillende opties om van een energiesysteem gebruik te maken, zoals:

1. Energie overdag inkopen en op een later moment wanneer de energie duurder is verkopen
2. Energie in de nacht inkopen en overdag verkopen,
3. Energie opslaan in het energieopslagsysteem en op een later moment verkopen bij een hoge energieprijs.

Door deze opties zou het energieopslagsysteem terugverdient kunnen worden door bijvoorbeeld de stroom in te kopen voor 2 cent per kWh en op een later tijdstip te verkopen voor 22 cent per kWh, waardoor er een winst ontstaat van 20 cent per kWh.

1.4 Probleemstelling

Omdat Pluimveebedrijf van Haare geen energieopslagsysteem in bezit heeft, wordt er op momenten dat er energievraag is, energie ingekocht en op momenten dat er energie over is, energie terug geleverd. Omdat de zonnepanelen niet op ieder moment energie opwekken, dient het bedrijf extra energie in te kopen.

Met een energieopslagsysteem zou pluimveebedrijf van Haare beter gebruik kunnen maken van hun eigen opgewekte energie. Tevens zou het bedrijf met een energieopslagsysteem kunnen sturen op de inkoop en verkoop van energie op momenten dat dit financieel gunstig is.

1.5 Doelstelling

Het doel van het afstudeeronderzoek is om een duidelijk beeld te krijgen of het rendabel is om een energieopslagsysteem aan te schaffen. Hieruit komen een aantal aspecten naar voren die behandeld moeten worden om hier een antwoord op te kunnen geven.

Om deze doelstelling te behalen is een hoofdvraag geformuleerd, met daarbij behorend een aantal deelvragen.

1.6 Hoofdvraag

In hoeverre is een energieopslagsysteem rendabel voor pluimveebedrijf van Haare?

1.7 Deelvragen

1. Welk energieopslagsysteem past het beste bij pluimveebedrijf van Haare?
2. Wat is er nodig om een energieopslagsysteem te realiseren?
3. Op welke manier kan er gebruik gemaakt worden van een energieopslagsysteem om er meer rendabiliteit uit te halen?
4. Wat is de terugverdientijd van een energieopslagsysteem?

2 Methodologie

Voor dit afstudeeronderzoek is zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek uitgevoerd om een grondig inzicht te krijgen in energieopslagsystemen en om een adviesrapport op te stellen voor pluimveebedrijf van Haare. De data zijn verzameld via deskresearch en een interview.

➤ *Kwalitatief onderzoek:*

Voor het kwalitatieve aspect is er een interview gehouden met Scholt Energy, een potentieel bedrijf voor de aanschaf van een energieopslagsysteem. Het interview heeft plaats gevonden op pluimveebedrijf van Haare. Het interview was semigestructureerd en er werden vragen gesteld over de ervaringen, technologieën, rendabiliteit en vergunningen van de energieopslagsystemen.

➤ *Kwantitatief onderzoek:*

Het kwantitatieve aspect van het onderzoek zou worden uitgevoerd door offertes aan te vragen bij potentiële bedrijven welke energieopslagsystemen aanbieden. Deze offertes zouden worden verzameld om inzicht te krijgen in de kosten van een energieopslagsysteem en om deels de terugverdientijd te kunnen berekenen. Echter, tijdens het interview met Scholt Energy werd de prijs van het energieopslagsysteem al gegeven, waardoor het aanvragen van aanvullende offertes niet nodig was.

➤ *Inclusie- en exclusiecriteria van de data:*

Data is meegenomen in het onderzoek als het relevant was voor de beantwoording van de hoofdvraag en de deelvragen. Data die niet gerelateerd was aan energieopslagsystemen, niet actueel was of niet afkomstig was van betrouwbare bronnen, werd uitgesloten van de analyse.

➤ *Onderzoek verloop:*

Het onderzoek verliep volgens de opgestelde scriptieplanning, waarbij elke fase stap voor stap werd uitgevoerd. De rol van de onderzoeker was om het interview af te nemen, de data te verzamelen en de gegevens te analyseren. Er is geen enquête uitgevoerd, dus er waren geen responspercentages te rapporteren. De data werden geanalyseerd met behulp van een contentanalyse voor de kwalitatieve gegevens en een financiële analyse voor de kwantitatieve gegevens.

➤ *Validiteit en betrouwbaarheid:*

De validiteit van het onderzoek wordt gewaarborgd door de zorgvuldige selectie van relevante informatie uit betrouwbare bronnen. De betrouwbaarheid wordt bevorderd door een systematische aanpak bij het verzamelen en analyseren van data. Bovendien zijn de gebruikte methoden en bronnen gedocumenteerd, zodat het onderzoek reproduceerbaar is.

Het volgende hoofdstuk zal de bevindingen en conclusies van het onderzoek presenteren en onderbouwen. Hierbij worden zowel kwalitatieve als kwantitatieve data besproken, verzameld via deskresearch en een interview.

3 Resultaten

Dit hoofdstuk richt zich op de uitkomsten van de deelvragen welke gevraagd zijn in het vorige hoofdstuk. De uitkomsten zijn gevonden doormiddel van een literatuur zoekplan welke opgesteld is in het onderzoek.

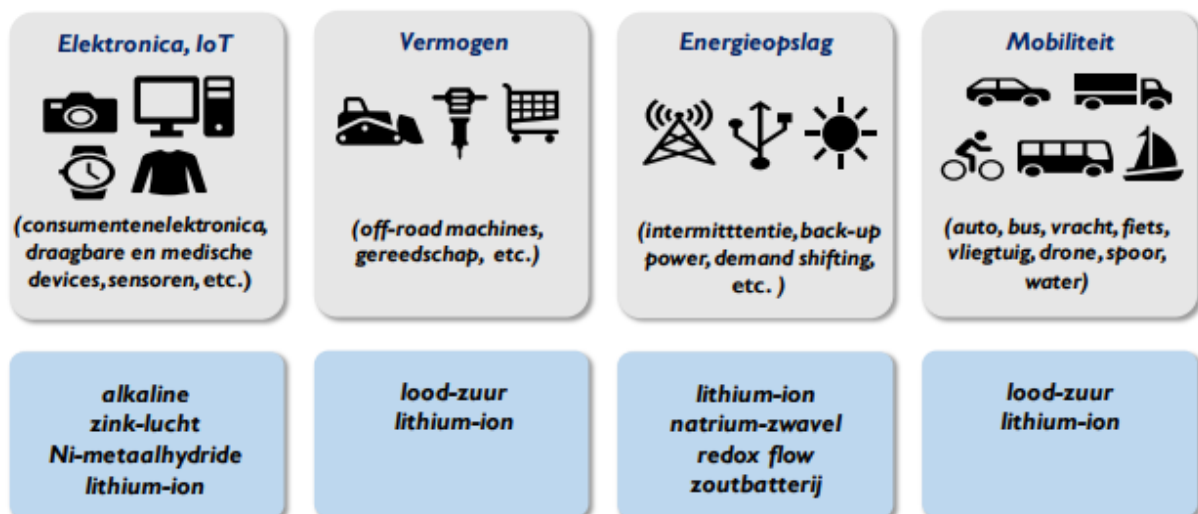
3.1 Welk energieopslagsysteem past het beste bij pluimveebedrijf van Haare?

Bij het kiezen van een energieopslag systeem zijn er verschillende factoren waarmee rekening gehouden moet worden. Om deze vraag te kunnen beantwoorden worden er meerdere opties beschreven welke het beste passen bij pluimveebedrijf van Haare.

3.1.1 Batterijopslagsystemen

Er zijn verschillende batterijtypes welke gebruikt worden in de markt. Voornamelijk wordt de batterij lithium-ion gebruikt voor energieopslag. De batterij heeft een hoge energiedichtheid en de kosten van de batterij zijn in vele toepassingen het laagst. Verder is Lithium-ion batterij compact, kunnen snel laden en ontladen, en zijn relatief onderhoudsvriendelijk. (Meulenkamp, van Bree & Geurts, 2019).

Volgens Meulenkamp, van Bree en Geurts (2019) in figuur 3.1 wordt duidelijk dat het type 'lithium-ion' batterij in veel verschillende categorieën worden toegepast.



Figuur 3.1

Opmerking. Overgenomen uit *Verkenning batterijen 2: Positie NL in de waardeketen* door E. Meulenkamp, T. van Bree en A. Geurts, 2019 (<https://publications.tno.nl/publication/34635153/m1m8Vc/TNO-2019-R11578.pdf>). Copyright 2023, Stan van Haare

De laatste jaren is de lithium-ion batterij erg populair geworden waardoor de grondstoffen schaars worden. Voor het maken van lithium-ion batterijen heb je naast lithium, kobalt en nikkel nog een paar zeldzame grondstoffen nodig. Lithium is vrijwel overal te vinden wat geen problemen geeft, daarentegen is Kobalt maar in een aantal landen in de wereld te vinden. Het winnen van Kobalt brengt veel schade aan het milieu (Stibat, 2020).

Wanneer er gekozen wordt voor een lithium-ion batterij kan het gebruikt worden om de overtollige energie op te slaan die wordt geproduceerd door zonnepanelen op het dak van pluimveebedrijf van Haare. Deze opgeslagen energie kan bijvoorbeeld later gebruikt worden wanneer de vraag hoger is dan de opwekking, zoals tijdens de piekuren of 's nachts. Op welke manieren het energieopslagsysteem gebruikt kan worden, wordt later beschreven.

3.1.2 Waterstofopslagsystemen

Waterstof komt niet van nature in een bruikbare vorm voor; het moet worden geproduceerd. Dit heeft als voordeel dat er geen grondstoffenproblemen zijn, zoals bij de lithium-ion batterij (Prins, 2020). Er zijn diverse technieken gebruikt om waterstof te produceren:

- *Grijze waterstof*: Wordt geproduceerd door water onder hoge druk te laten reageren met aardgas. Hierbij komt het broeikasgas CO₂ vrij. Deze productiewijze wordt in Nederland veel gebruikt in de industrie en zorgt voor een aanzienlijke CO₂-uitstoot (Prins, 2020).
- *Blauwe waterstof*: Wordt geproduceerd zoals grijze waterstof, maar de geproduceerde CO₂ uitstoot wordt opgeslagen onder de grond in bijvoorbeeld oude aardgasvelden. Zolang er geen volwaardige alternatieven zijn is dit een voorlopige oplossing die het CO₂-probleem voor nu even wegwerkt, maar helaas wel verplaatst naar de toekomst (Prins, 2020).
- *Groene waterstof*: Ontstaat daarentegen door elektrolyse waarbij water (H₂O) door middel van groene elektriciteit (uit zon, wind) wordt gesplitst in waterstof (H₂) en zuurstof (O₂). Hier komen geen broeikasgassen vrij. (Prins, 2020).

Wanneer pluimveebedrijf van Haare zou moeten kiezen tussen de bovengenoemde technieken, dan wordt de keuze gelegd op de techniek; 'groene waterstof'. De geproduceerde groene waterstof kan worden opgeslagen in een waterstofopslagsysteem, waarna het op een later moment kan worden omgezet in elektriciteit door middel van een motor. Omdat het bedrijf groene energie produceert, zou het bedrijf groene energie willen terug leveren aan het net. Met de overige technieken welke hierboven zijn benoemd, zijn niet CO₂-neutraal waardoor het niet bijdraagt aan klimaatveranderingen.

Uit verschillende studies blijkt dat waterstofopslagsysteem nog niet ver ontwikkeld zijn, waardoor de kosten nog relatief hoog liggen. De prijs van een waterstofopslagsysteem is momenteel ongeveer 50 procent hoger dan die van een lithiumbatterij. Op de lange termijn wordt echter verwacht dat de prijs van een waterstofbatterij zal afnemen tot ongeveer een kwart van de prijs van een lithiumbatterij (Sluijters, 2022).

3.1.3 Resultaten

In de markt voor energieopslag worden verschillende batterijtypen gebruikt, waarvan de lithium-ion batterij het meest voorkomende typen is. Lithium-ion batterijen hebben een hoge energiedichtheid en zijn kostenefficiënt (Meulenkamp, van Bree & Geurts, 2019). Echter, de toenemende populariteit van lithium-ion batterijen heeft geleid tot schaarste van grondstoffen, zoals kobalt, dat milieuvervuiling veroorzaakt bij winning (Stigbat, 2020).

Voor pluimveebedrijf van Haare is een lithium-ion batterij geschikt om overtollige energie van zonnepanelen op te slaan en later te gebruiken wanneer de vraag groter is dan de opwekking. Lithium-ion batterijen zijn compact, kunnen snel laden en ontladen, en zijn relatief onderhoudsvriendelijk.

Waterstof, daarentegen, moet worden geproduceerd en heeft geen problemen met grondstoffen zoals lithium-ion batterijen. Verschillende productiemethoden zijn beschikbaar, waaronder grijze, blauwe en groene waterstof. Groene waterstof, geproduceerd door elektrolyse met behulp van groene elektriciteit, is de meest duurzame optie, terwijl grijze en blauwe waterstof CO₂-uitstoot met zich meebrengen (Prins, 2020).

Pluimveebedrijf van Haare zou kiezen voor groene waterstof vanwege de wens om groene energie terug te leveren aan het net. Momenteel is een waterstofopslagsysteem nog in een vroeg stadium van ontwikkeling waardoor een waterstofopslagsysteem hogere kosten hebben dan een lithium-ion batterij.

Op basis van deze overwegingen zal het bedrijf niet kiezen voor een waterstofopslagsysteem, vanwege de aanzienlijke kosten die momenteel verbonden zijn aan zowel de productie van waterstof als de aanschaf van een waterstofopslagsysteem.

3.2 Wat is er nodig om een energieopslagsysteem te realiseren?

Om een energieopslagsysteem te realiseren, zijn er verschillende componenten en aspecten nodig waar rekening mee gehouden moet worden. De belangrijkste elementen welke hiervoor nodig zijn staan hier beschreven:

3.2.1 Batterijen of opslagmedia:

Er is een geschikte batterij of andere opslagmedia nodig om energie op te slaan. Zoals eerder beschreven zal er een Lithium-ion batterij aangeschaft gaan worden.

3.2.2 Energie-opwekkingssysteem

Het systeem voor energieopwekking kan bestaan uit hernieuwbare energiebronnen, zoals zonnepanelen. Dit opwekkingssysteem zorgt voor een continue stroom van energie, die vervolgens kan worden opgeslagen in het energieopslagsysteem. Door de opgeslagen energie op een later tijdstip te verkopen of te gebruiken, kunnen gunstige energieprijzen benut worden, wat een waardevolle mogelijkheid biedt om te profiteren van de opgewekte hernieuwbare energie.

Pluimveebedrijf van Haare beschikt over een installatie waar jaarlijks in totaal 834.080 kWh aan energie geproduceerd wordt. Aangezien het bedrijf zelf ongeveer 350.000 kWh per jaar verbruikt, wordt een groot deel van de opgewekte energie terug geleverd aan het elektriciteitsnet.

3.2.3 Omvormers en regelsystemen

Om de opgeslagen energie te kunnen gebruiken, zijn omvormers nodig. Hernieuwbare energiebronnen zoals zonnepanelen produceren gelijkstroom (DC). Omvormers zetten de gelijkstroom om naar wisselstroom (AC). Deze wisselstroom wordt gebruikt voor eigen gebruik en voor het terug leveren aan het net. Een omvormer kan wisselen tussen wissel- en gelijkstroom (Steenbergen, 2023).

Pluimveebedrijf van Haare beschikt over tweeëntwintig SE33.3K omvormers. Deze omvormers zijn van het merk Solar Edge. Doormiddel van nieuwe technieken kan pluimveebedrijf van Haare direct vanaf een smartphone/computer verbinding maken met de omvormers om de momentele productie in te zien.

3.2.4 Elektrische aansluitingen

Het energieopslagsysteem moet correct worden aangesloten op het elektriciteitsnet en/of de interne elektrische installaties van het bedrijf. Wanneer er stroom getransporteerd wordt op het net voor verschillende doeleindes moet er een passende aansluiting gerealiseerd worden om de stroom met een hoog vermogen te kunnen leveren. Deze doeleindes worden in het volgende hoofdstuk beschreven.

Pluimveebedrijf van Haare heeft zich hierop voorbereid om bij installatie bij de tweede reeks zonnepanelen een compact station aan te schaffen. Door dit Compact station heeft het bedrijf de voorgaande aansluiting (3 x 80 Ampère) weg laten halen. Deze aansluiting is vervangen voor een grootverbruik aansluiting met een capaciteit van 630kVA.

Pluimveebedrijf van Haare heeft een aansluiting bij Enexis Netbeheerder waarmee pluimveebedrijf van Haare stroom op het net kan leveren en van het net kan afnemen. Het contract met Enexis bepaalt dat het bedrijf momenteel bevoegd is om maximaal 630 kW stroom terug te leveren aan het net (maximaal terugleveringsvermogen). Daarentegen mag het bedrijf niet meer dan 83 kW stroom van het net afhalen (gecontracteerd transportvermogen). Met andere woorden, het bedrijf heeft de mogelijkheid om maximaal 630 kW aan energie gelijktijdig aan het net toe te voegen, maar het kan niet meer dan 83 kW tegelijkertijd van het net afnemen.

Pluimveebedrijf van Haare heeft de wens om optimaal gebruik te maken van het opslagsysteem en de accu volledig te benutten. Om het systeem volledig te benutten en daarmee rendabel te maken, zou het gunstig zijn als het energieopslagsysteem in een korte tijd geladen en ontladen kan worden. Hiermee kan het bedrijf het energieopslagsysteem op het juiste moment laden en ontladen, bijvoorbeeld het volladen van het energieopslagsysteem als de stroom goedkoop is en ontladen wanneer de stroom duur is. Om dit te realiseren, zou het gunstig zijn als het gecontracteerde transportvermogen wordt verhoogd naar 630 kW. Als het transportvermogen verhoogd wordt naar 630 kW, zou het mogelijk zijn om het opslagsysteem snel op te laden op momenten wanneer de stroom vanuit het net voordeliger is. Om deze mogelijkheid te onderzoeken, heeft het bedrijf contact opgenomen met Enexis via e-mail om te informeren of het gecontracteerde transportvermogen verhoogd kan worden. Echter, uit de reactie van Enexis blijkt dat het huidige elektriciteitsnet al volledig belast is en dat er op dit moment geen ruimte is om het gecontracteerde transportvermogen te verhogen (zie Bijlage 4).

3.2.5 Ruimte

Afhankelijk van het type energieopslagsysteem dat wordt gebruikt, moet er ruimte beschikbaar zijn voor de opstelling van de batterijen of andere opslagmedia. Een waterstofopslagsysteem zal meer ruimte in beslag nemen dan een batterijopslagsysteem.

Pluimveebedrijf van Haare heeft rond de gebouwen ruimte genoeg om een energieopslagsysteem te plaatsen. Wel is het slim om deze te plaatsen nabij het compact station, omdat het energieopslagsysteem hierop aangesloten zal worden.

Bij de installatie van een energieopslagsysteem is voorbereiding van de locatie vereist voordat het systeem geplaatst kan worden. Om het systeem te installeren, is het noodzakelijk dat er een kraan aanwezig is om het energieopslagsysteem op zijn plaats te kunnen zetten.

3.2.6 Vergunningen en regelgeving:

Het realiseren van een energieopslagsysteem kan ook vergunningen en naleving van regelgeving vereisen, afhankelijk van de locatie en omvang van het energieopslagsysteem.

Momenteel is een energieopslagsysteem vrij nieuw, waardoor er niet veel eisen gesteld worden. Enkel is een aanvraag van een vergunning bij de gemeente voor het plaatsen van een energieopslagsysteem voldoende. Dit kan veranderen als de PGS-37 in werking treedt. Dit is een richtlijn voor de opslag van lithiumbatterijen waarin beschreven staat aan welke veiligheidseisen moet worden voldaan (Van Marle, 2022).

3.2.7 Resultaten

Om een energieopslagsysteem te realiseren, zijn er verschillende belangrijke elementen waar rekening mee gehouden moet worden. Allereerst is een geschikte batterij of opslagmedia nodig om energie op te slaan. In dit geval wordt er gekozen voor een Lithium-ion. Daarnaast kan er een energie-opwekkingssysteem aanwezig zijn om hernieuwbare energie te produceren, zoals zonnepanelen. Pluimveebedrijf van Haare beschikt over een installatie die jaarlijks in totaal 834.080 kWh aan energie produceert. Aangezien het bedrijf zelf ongeveer 350.000 kWh per jaar verbruikt, wordt een groot deel van de opgewekte energie terug geleverd aan het elektriciteitsnet.

Om de opgeslagen energie te kunnen gebruiken, zijn omvormers nodig. Zonnepanelen produceren gelijkstroom (DC), terwijl wisselstroom (AC) nodig is voor eigen gebruik en terug levering aan het net. Pluimveebedrijf van Haare heeft tweeëntwintig SE33.3K omvormers van het merk Solar Edge. Deze omvormers kunnen wisselen tussen wissel- en gelijkstroom, en het bedrijf kan via nieuwe technieken direct vanaf een smartphone of computerverbinding maken met de omvormers om de momentele productie in te zien.

Pluimveebedrijf van Haare heeft een energieopslagsysteem dat correct is aangesloten op het elektriciteitsnet en een grootverbruik aansluiting van 630kVA. Het bedrijf kan maximaal 630 kW stroom aan het net toevoegen maar slechts 83 kW tegelijkertijd van het net afnemen. Het bedrijf wil graag het gecontracteerde transportvermogen verhogen naar 630 kW om de accu volledig te benutten. Echter, vanwege de overbelasting van het huidige elektriciteitsnet is dit momenteel niet mogelijk.

Afhankelijk van het type energieopslagsysteem dat wordt gebruikt, moet er ook voldoende ruimte beschikbaar zijn voor de opstelling van de batterijen of andere opslagmedia. Gelukkig heeft Pluimveebedrijf van Haare voldoende ruimte rond de gebouwen om een energieopslagsysteem te plaatsen. Het wordt echter aanbevolen om het systeem nabij het compact station te plaatsen, omdat het hierop aangesloten zal worden.

Tot slot moet bij het realiseren van een energieopslagsysteem rekening gehouden worden met vergunningen en regelgeving, afhankelijk van de locatie en omvang ervan. Momenteel vereist het plaatsen van een energieopslagsysteem slechts een vergunning van de gemeente. Het is echter mogelijk dat in de toekomst de PGS-37 richtlijn voor de opslag van lithiumbatterijen van kracht wordt, wat extra veiligheidseisen kan opleggen aan het systeem (Van Marle, 2022).

3.3 Op welke manier kan er gebruik gemaakt worden van een energieopslagsysteem om er meer rendabiliteit uit te halen?

Het gebruik van een energieopslagsysteem biedt mogelijkheden om duurzamer en energie-efficiënter te opereren, maar het kan ook bijdragen aan het vergroten van de rendabiliteit. Hier zijn enkele manieren waarop een energieopslagsysteem rendabel kan zijn:

1. *Optimalisatie van zelfverbruik van opgewekte energie:* Als er zonnepanelen of andere hernieuwbare energiebronnen zijn, kan een energieopslagsysteem helpen om de opgewekte energie efficiënter te gebruiken. De opslag kan overtollige energie opslaan die overdag wordt geproduceerd en deze later gebruiken wanneer de energieopwekking laag is of wanneer de energie vraag hoog is. Doormiddel van deze manier kunnen de transportkosten van de energie worden verminderd omdat er minder/geen energie afgenomen hoeft te worden vanuit het net.
2. *Tijdens piekuren elektriciteit verkopen:* Een energieopslagsysteem kan energie opslaan wanneer de vraag laag is en de energieprijzen goedkoop, en deze energie vervolgens verkopen wanneer de vraag hoog is en de energieprijzen stijgen, zoals tijdens de piekuren.
3. *Stroomvoorziening tijdens stroomuitval:* Bij bedrijven/gebieden waar stroomuitval een probleem kan zijn, kan een energieopslagsysteem dienen als een betrouwbare back-upvoorziening. Dit kan de bedrijfscontinuïteit waarborgen en mogelijke verliezen door onderbrekingen in de stroomvoorziening verminderen (Viveen, 2023).
4. *Participeren in energiemarkt:* Het participeren in de energiemarkt biedt de mogelijkheid om actief betrokken te zijn bij de handel en het leveren van energie. Hier een aantal manieren om de rendabiliteit te verhogen doormiddel van het verhandelen van energie:

4.1 *Energiemarkten:* Door deel te nemen aan de energiemarkt kan er energie verkocht worden wanneer de marktprijs hoog is en later inkopen wanneer de prijs lager is. Er kan gebruik gemaakt worden van slimme technologieën welke de energievraag en -prijs monitoren en optimaliseren. Met behulp van een day-ahead indicatie kunnen de kosten en opbrengsten van energie 24 uur van tevoren ingeschat worden. Deze energie wordt verhandeld op de EPEX-handelsbeurs, waar vraag en aanbod samenkomen en transacties plaatsvinden.

4.2 *Capaciteitsmarkten:* In sommige energiemarkten worden capaciteitsmarkten gebruikt om een betrouwbare en continue energievoorziening te waarborgen. In capaciteitsmarkten wordt vaak gestreefd naar het oplossen van netcongestie of netbelasting. Netcongestie verwijst naar situaties waarin de vraag naar elektriciteit het beschikbare transport of distributievermogen van het elektriciteitsnet overschrijdt. Deze markt voorkomt problemen zoals spanningsverlaging, onstabiele frequentie en verhoogde slijtage van de netwerkinfrastructuur (De Jonge Baas, 2022).

4.3 *Onbalansmarkten:* Producenten, leveranciers en zakelijke verbruikers van energie nemen deel aan handel op de energiemarkten, zoals de futures en day-ahead markt. De volumes die ze in- en verkopen zijn gebaseerd op voorspellingen voor het verbruik en productie van de volgende dag, week of maand. De voorspellingen en de hierdoor ingekochte energie komen nooit volledig overeen met de werkelijke consumptie en productie. Deze verschillen ontstaan door bijvoorbeeld een lager dan voorspelde energieproductie door plotseling slecht weer, of er ontstaat bijvoorbeeld een hoger dan voorspelde energieproductie door plotseling goed weer. Om het netfrequentie stabiel te houden (50 Hertz) zijn er drie verschillende markten: (Next Kraftwerke Benelux B.V., z.d.).

4.3.1. Primair reservevermogen:

Wanneer er een afwijking is in de netfrequentie, moet het energieopslagsysteem het volledig gecontracteerd vermogen binnen dertig seconden kunnen leveren. Hierdoor kan de netfrequentie binnen Europa constant op 50 Hertz worden gehouden (Next Kraftwerke Benelux B.V., z.d.). Deze marktmechanisme wordt Frequency Containment Reserve (FCR) genoemd.

4.3.2. Regelvermogen:

Is gericht op het automatisch herstellen van de netfrequentie na grootschalige verstoringen in het elektriciteitsnet. Dit wordt centraal aangestuurd door de netbeheerder Tennet en moet binnen vijftien minuten volledig geactiveerd kunnen worden (Next Kraftwerke Benelux B.V., z.d.). Deze marktmechanisme wordt Automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR) genoemd.

4.3.3. Reservevermogen & noodvermogen:

Er wordt handmatig reservevermogen ingezet om de frequentie te herstellen wanneer automatische bronnen niet beschikbaar zijn of onvoldoende zijn. Het vermogen moet binnen vijftien minuten volledig geactiveerd kunnen worden (Next Kraftwerke Benelux B.V., z.d.). Deze marktmechanisme wordt Manual Frequency Restoration Reserve (mFRR) genoemd.

3.3.1 Resultaten

Een energieopslagsysteem biedt diverse mogelijkheden om duurzaam en energie-efficiënt te opereren en kan tegelijkertijd bijdragen aan een grotere rendabiliteit. Er zijn vier belangrijke manieren waarop zo'n systeem rendabel kan zijn. Allereerst kan het zelfverbruik van opgewekte energie worden geoptimaliseerd, waarbij overtollige energie die overdag wordt geproduceerd door zonnepanelen of andere hernieuwbare bronnen wordt opgeslagen en later gebruikt wanneer de energieopwekking laag is of de vraag hoog. Hierdoor kunnen transportkosten worden verminderd doordat er minder of geen energie van het net hoeft te worden afgenomen.

Daarnaast kan het systeem energie opslaan tijdens daluren, wanneer de vraag laag is en de energieprijs goedkoop, om deze energie vervolgens te verkopen tijdens piekuren, wanneer de vraag hoog is en de energieprijzen stijgen. Dit kan een waardevolle bron van inkomsten zijn. Bovendien kan een energieopslagsysteem fungeren als een betrouwbare back-upvoorziening tijdens stroomuitval in bedrijven of gebieden waar dit een probleem kan zijn, waardoor bedrijfscontinuïteit wordt gewaarborgd en verliezen door onderbrekingen in de stroomvoorziening worden verminderd.

Een extra manier om de rendabiliteit te vergroten is door actief deel te nemen aan de energiemarkt, bijvoorbeeld via de EPEX-handelsbeurs, capaciteitsmarkten en onbalansmarkten. Hierdoor kan het systeem betrokken zijn bij de handel en levering van energie. Het gebruik van slimme technologieën om de energievraag en -prijs te monitoren en optimaliseren kan verdere voordelen opleveren.

De onbalansmarkten bestaan uit drie verschillende markten, namelijk Frequency Containment Reserve (FCR), Automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR) en Manual Frequency Restoration Reserve (mFRR). Deze markten zorgen ervoor dat de netfrequentie binnen Europa constant op 50 Hertz wordt gehouden door het leveren van reservevermogen en het herstellen van de netfrequentie na grootschalige verstoringen in het elektriciteitsnet.

Samengevat biedt een energieopslagsysteem diverse mogelijkheden om energie-efficiënter te werken, kosten te besparen en inkomsten te genereren, terwijl het tegelijkertijd bijdraagt aan duurzaamheid en betrouwbaarheid van de energievoorziening. Echter, gezien het beperkte beschikbare transportvermogen van slechts 83 kW aan het net, is de optie om deel te nemen aan de energiemarkt minder aantrekkelijk.

Op dit moment biedt het energieopslagsysteem de mogelijkheid voor:

- Optimalisatie van zelfverbruik van opgewekte energie
- Tijdens piekuren elektriciteit verkopen
- Stroomvoorziening tijdens stroomuitval

3.4 Wat is de terugverdientijd van een energieopslagsysteem?

De terugverdientijd van een energieopslagsysteem varieert afhankelijk van factoren zoals investeringskosten, energiebronnen, energieprijzen, en subsidies. Het systeem verdient de initiële investering terug via besparingen op energiekosten en inkomsten uit de verkoop van opgeslagen energie. In dit onderzoek zijn verschillende scenario's gegeven waar het energieopslag systeem ingezet voor kan worden. In dit hoofdstuk wordt er gericht op de volgende scenario's:

- Optimalisatie van zelf gebruik van opgewekte energie
- Inkopen en verkopen op de EPEX-handelsbeurs
- Energie verhandelen op de onbalansmarkt

Door de volatiliteit op de energiemarkt is het uitdagend om deze scenario's gedetailleerd te analyseren. De bevindingen in dit hoofdstuk zijn schattingen en moeten niet als absolute zekerheid worden beschouwd. De EPEX-handelsbeurs vertoont aanzienlijke variabiliteit en toont dagelijks variaties. Bij het berekenen van het rendement van de onbalansmarkt worden diverse cijfers gebruikt die afkomstig zijn uit een eerder onderzoek van de ING-bank. Het is belangrijk op te merken dat deze resultaten evenmin als definitieve garanties kunnen worden beschouwd.

3.4.1 Kosten van een energieopslagsysteem

3.4.1.1 Investeringskosten

De investeringskosten voor een energieopslagsysteem kunnen sterk variëren, afhankelijk van verschillende factoren. De exacte kosten worden beïnvloed door de omvang van het systeem, het merk van het systeem, de installatiekosten en eventuele extra componenten die nodig zijn voor een goede werking.

Tijdens een interview met Scholt Energy (zie Bijlage 3) werd verteld dat Scholt Energy de energieopslagsystemen aankoopt bij Alfen, waarbij Lithium-ion batterijen als grondstof worden gebruikt voor hun opslagsystemen. Tijdens het interview werd pluimveebedrijf van Haare geadviseerd om te kiezen voor een energieopslagsysteem van 500 kWh in plaats van 1 MWh. Dit advies is gebaseerd op het feit dat het bedrijf een aansluiting heeft van 630 kVA, waardoor een 1 MWh systeem te groot zou zijn en het 500 kWh systeem beter zou passen bij de energiebehoeften van het bedrijf. De geschatte kosten van het 500 kWh systeem werd geschat op ongeveer €500.000.

Deze batterij heeft een geschatte levensduur van 4000 tot 6000 cycli, wat overeenkomt met een periode van ongeveer 12 jaar. Een cycle verwijst naar één volledige lading en ontlading van de batterij.

Momenteel is het indienen van een vergunningsaanvraag bij de gemeente voor de installatie van een energieopslagsysteem vereist. Het geschatte kostenplaatje voor het aanvragen van een vergunning bedraagt ongeveer €2.500.

Voor het installeren van een energieopslagsysteem is het nodig om de locatie voor te bereiden voordat het systeem geplaatst kan worden. Een kraan is essentieel om het energieopslagsysteem op de juiste plek te positioneren tijdens de installatie. De geschatte kosten voor deze voorbereiding en het plaatsen van het energieopslagsysteem worden geschat op €5.000.

Door het optellen van deze vermelde kosten ontstaat er een totale investering van €507.500.

Indien pluimveebedrijf van Haare het energieopslagsysteem wil gebruiken voor de in- en verkoop op de EPEX-handelsbeurs of deelname aan de onbalansmarkt, vereist dit een verhoging van het gecontracteerde transportvermogen van 83 kW tot 630 kW. Bij een dergelijke verhoging zou het energieopslagsysteem in staat zijn om zichzelf binnen enkele seconden op te laden of te ontladen.

Het verhogen van de aansluitcapaciteit om het gecontracteerde transportvermogen te verzwaren, brengt extra kosten met zich mee. In de huidige investering van €507.500 zijn deze kosten van ongeveer €35.000 niet meegerekend. Het totale bedrag komt uit op €542.500 (Hierminga, 2019).

3.4.1.2 percentage over de totale investering

De winstgevendheid van een energieopslagsysteem wordt bepaald zodra het rentepercentage is vastgesteld. Met een rente van 3% en een aflossingsperiode van 10 jaar wordt bewust ingezet op duurzaamheid en investering in het systeem. Deze strategische keuze, gebaseerd op zowel financiële als groene overwegingen, verhoogt de langetermijnhaalbaarheid en bevordert duurzame initiatieven.

Daarnaast wordt tevens de operationele kosten voor onderhouds- en monitoringkosten berekend, ongeveer 1% van de kapitaalkosten, wat resulteert in een bedrag van €7.025 per jaar (Hierminga, 2019).

3.4.1.3 Hogere inkoop voor compensatie efficiëntieverlies

Bij het proces van energieopslag en -terugwinning kunnen enkele verliezen optreden. Wanneer de batterij volledig wordt opgeladen, wordt ongeveer 10% van de energie omgezet in warmte. Dit betekent dat als het energieopslagsysteem volledig wordt opgeladen, het systeem in staat zal zijn om ongeveer 90% van die opgeslagen energie te benutten voor levering. De efficiëntieverliezen worden alleen in dit hoofdstuk berekend voor situaties waarbij verhandeling plaatsvindt op de EPEX-

Pluimveebedrijf van Haare heeft een FlexiPower Hourly contract afgesloten met Engie, waardoor het bedrijf de flexibiliteit heeft om zich aan te passen aan de dagelijkse schommelingen in de energieprijzen. Dit stelt het bedrijf in staat om te benutten van voordelige marktomstandigheden. Echter, er bestaat ook het risico dat de prijzen aanzienlijk kunnen stijgen, wat nadelig is voor het bedrijf. Om deel te nemen aan deze dienst betaalt het bedrijf elke maand €9,99 aan deelnamevergoeding (zie Bijlage 8). Deze vergoeding kost het bedrijf jaarlijks €119,88.

Onder dit contract worden de geleverde en/of terug geleverde energie afgerekend op basis van de EPEX-handelsbeurs Day-Ahead uurtarief. Er zijn op-/afslagen van toepassing op de gerealiseerde (terug)leveringen van energie. Deze kosten worden in rekening gebracht wanneer er elektriciteit wordt ingekocht of verkocht. De kosten voor deze op-/afslagen bedragen €13,95 per MWh (zie Bijlage 8).

Bijvoorbeeld:

In 2023 bedragen de gemiddelde kosten van stroom op de EPEX-handelsbeurs €0,099 per kWh. Voor pluimveebedrijf van Haare zou dit betekenen dat de gemiddelde kosten €0,11295 zou zijn per kWh ($€0,099 + €0,01395$). Pluimveebedrijf van Haare koopt jaarlijks ongeveer 170.000 kWh aan stroom in bij energieleverancier Engie.

Met behulp van deze gegevens kunnen we de jaarlijkse kosten als volgt berekenen:

- De gemiddelde kosten op de EPEX-handelsbeurs per kWh (€0,11295) worden vermenigvuldigd met het aantal kWh dat pluimveebedrijf van Haare inkoopt (170.000 kWh).
 - $€0,11295 * 170.000 \text{ kWh} = €19.201,5$ per jaar.

Daarom wordt verwacht dat pluimveebedrijf van Haare jaarlijks ongeveer €19.201,5 aan energiekosten zal betalen, gebaseerd op de gemiddelde EPEX-handelsbeurs en het ingekochte energievolume.

3.4.1.4 Hogere kosten voor transport

Het gebruik van een energieopslagsysteem kan leiden tot hogere transportkosten vanwege het belasten van het elektriciteitsnet. Netbeheerders investeren in het onderhouden en uitbreiden van het elektriciteitsnetwerk, zodat er voldoende capaciteit is om alle gebruikers te voldoen aan energie. Wanneer het energieopslagsysteem wordt ingezet voor netdiensten, is het nodig om stroom vanuit het elektriciteitsnet in te kopen. Dit brengt hogere transportkosten met zich mee.

Op dit moment betaalt het bedrijf €13,57 per kilowatt (kW) per jaar voor het gecontracteerde vermogen (zie Bijlage 7). Momenteel heeft het bedrijf een gecontracteerd vermogen van 83 kW, wat resulteert in een jaarlijkse betaling van $83 * €13,57 = €1.126$ aan Enexis. Deze kosten nemen toe naarmate het gecontracteerde vermogen stijgt. Als het bedrijf het gecontracteerde vermogen verhoogt naar 630 kW, zal de betaling aan Enexis voor het gecontracteerde vermogen €8.549 per jaar bedragen (Enexis Netbeheer, 2021).

Daarlangs betaalt het bedrijf elk jaar vastrecht over het transport van de energie. Dit is een bedrag dat je betaald om toegang te hebben tot het energienetwerk. Deze kosten bedragen €441 (zie Bijlage 7).

3.4.2 Opbrengsten van een energieopslagsysteem

3.4.2.1 Optimalisatie van zelf gebruik van opgewekte energie

Een energieopslagsysteem kan erg waardevol zijn in combinatie met zonnepanelen. Het systeem kan overtollig opgewekte energie opslaan voor gebruik op momenten met lage opwekking of hoge vraag. Hierdoor kunnen de transportkosten van energie verminderd worden, aangezien er minder energie van het net afgenomen hoeft te worden. Dit leidt tot een efficiënter gebruik van opgewekte energie en kostenbesparingen.

Het jaarlijkse stroomverbruik van pluimveebedrijf van Haare bedraagt op dit moment ongeveer 355.000 kWh. Van dit totale verbruik koopt het bedrijf jaarlijks circa 170.000 kWh (47,8%) in bij de energieleverancier, terwijl het zelf circa 185.000 kWh (52,8%) van de opgewekte stroom gebruikt.

Door een aanschaf van een energieopslagsysteem kan het bedrijf naar schatting de inkoop verminderen naar 88.750 kWh (25%) en het verbruik van de opgewekte stroom verhogen naar ongeveer 266.250 kWh (75%).

In 2023 bedragen de gemiddelde kosten voor 170.000 kWh bij pluimveebedrijf van Haare €19.201,5 per jaar. Echter, door gebruik te maken van een energieopslagsysteem kan dit bedrag verlaagd worden naar €10.024,31 (88.750 kWh). Hierdoor kan er jaarlijks €9.177,19 bespaard worden door het eigen gebruik van de energie te optimaliseren.

Door het samenvoegen van alle kosten en baten kan de tijd worden berekend waarin de investering wordt terugverdiend. Gezien de aanzienlijke investering van €507.500, zijn aanzienlijke baten noodzakelijk voor een redelijke terugverdientijd. Echter, een energieopslagsysteem voor de optimalisatie van zelfopgewekte energie blijkt niet rendabel te zijn. De geschatte terugverdientijd bedraagt 83,5 jaar (zie Bijlage 17), wat de levensduur van een energieopslagsysteem overschrijdt.

3.4.2.2 Energie verhandelen op de EPEX-handelsbeurs

Door deel te nemen aan de energiemarkt is het mogelijk om energie in te kopen wanneer de prijs laag is en vervolgens te verkopen wanneer de marktprijs hoog is. Geavanceerde technologieën kunnen de energievraag en -prijs monitoren en optimaliseren. Een day-ahead indicatie biedt de mogelijkheid om 24 uur van tevoren de verwachte kosten en opbrengsten van energie in te schatten. Deze energie wordt verhandeld op de EPEX-handelsbeurs, waar vraag en aanbod samenkomen voor transacties.

Zoals eerder aangegeven, neemt pluimveebedrijf van Haare momenteel deel aan de EPEX-handelsbeurs. In dit scenario worden variabele prijzen gehanteerd, en er zijn op-/afslagen van toepassing op de (terug)leveringen van energie, met een bedrag van €0,01395 per kWh. Daarnaast dient er een jaarlijkse vergoeding van €119,11 te worden betaald.

Bij de inkoop van energie wordt gekeken naar een moment waar de stroom goedkoop ingekocht kan worden. Bij de verkoop wordt gekeken naar de hoogste EPEX prijs zodat de 'goedkope' stroom op dat moment duur verkocht kan worden. Een energieopslagsysteem heeft per lading/ontlading een verlies van 10%. Hieronder zijn acht voorbeelden gegeven, waaruit later het gemiddelde wordt berekend om de jaarlijkse opbrengst van een energieopslagsysteem te bepalen als er energie verhandeld wordt op de EPEX-handelsbeurs.

zie Bijlage 9

| Inkoop: 8-08-23 14:00 | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| | € -0,07922 | € 0,01395 | € -0,06527 |
| Verkoop: 8-08-23 0:00 | EPEX - Afslag * 90%: | | Totaal: |
| | € 0,10599 | € 0,01395 | € 0,08284 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € -0,06527 | € 0,08284 | € 0,14811 |

Tabel 1: Eigenwerk 1

zie Bijlage 10

| Inkoop: 22-07-23 14:00 | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| | € 0,01952 | € 0,01395 | € 0,03347 |
| Verkoop: 22-07-23 21:00 | EPEX - Afslag * 90%: | | Totaal: |
| | € 0,11615 | € 0,01395 | € 0,09198 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € 0,03347 | € 0,09198 | € 0,05851 |

Tabel 2: Eigenwerk 2

zie Bijlage 11

| | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| Inkoop: | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
| 2-07-23 13:00 | € -0,50000 | € 0,01395 | € -0,48605 |
| Verkoop: | EPEX – Afslag * 90%: | | Totaal: |
| 2-07-23 21:00 | € 0,09490 | € 0,01395 | € 0,07286 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € -0,48605 | € 0,07286 | € 0,55891 |

Tabel 3: Eigenwerk 3

zie Bijlage 12

| | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| Inkoop: | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
| 12-6-2023 13:00 | € 0,04256 | € 0,01395 | € 0,05651 |
| Verkoop: | EPEX – Afslag * 90%: | | Totaal: |
| 12-06-23 21:00 | € 0,14178 | € 0,01395 | € 0,11505 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € 0,05651 | € 0,11505 | € 0,05854 |

Tabel 4: Eigenwerk 4

zie Bijlage 13

| | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| Inkoop: | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
| 16-04-23 15:00 | € 0,09427 | € 0,01395 | € 0,10822 |
| Verkoop: | EPEX - Afslag * 90%: | | Totaal: |
| 16-04-23 20:00 | € 0,14000 | € 0,01395 | € 0,11345 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € 0,10822 | € 0,11345 | € 0,00523 |

Tabel 5: Eigenwerk 5

zie Bijlage 14

| | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| Inkoop: | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
| 13-03-23 13:00 | € -0,00098 | € 0,01395 | € 0,01297 |
| Verkoop: | EPEX - Afslag * 90%: | | Totaal: |
| 13-03-23 19:00 | € 0,10000 | € 0,01395 | € 0,07745 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € 0,01297 | € 0,07745 | € 0,06448 |

Tabel 6: Eigenwerk 6

zie Bijlage 15

| | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| Inkoop: | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
| 26-02-23 13:00 | € 0,05463 | € 0,01395 | € 0,06858 |
| Verkoop: | EPEX - Afslag * 90%: | | Totaal: |
| 26-02-23 19:00 | € 0,15691 | € 0,01395 | € 0,12866 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € 0,06858 | € 0,12866 | € 0,06008 |

Tabel 7: Eigenwerk 7

zie Bijlage 16

| | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|
| Inkoop: | EPEX + Opslag: | | Totaal: |
| 5-01-23 3:00 | € 0,00045 | € 0,01395 | € 0,01440 |
| Verkoop: | EPEX - Afslag * 90%: | | Totaal: |
| 5-01-23 17:00 | € 0,22210 | € 0,01395 | € 0,18734 |
| Totale winst p/kWh: | Inkoop + Verkoop | | Totaal: |
| | € 0,01440 | € 0,18734 | € 0,17294 |

Tabel 8: Eigenwerk 8

Door het totaal van de dagelijkse opbrengsten bij elkaar op te tellen, is het gemiddelde per dag berekend. Zodra het gemiddelde dagelijkse opbrengst bekend is, kan het dagelijkse gemiddelde van de verdiensten van een energieopslagsysteem worden berekend. Hieruit volgt vervolgens het jaarlijkse gemiddelde (zie Tabel 9). Dit zijn inschattingen en bieden geen garantie dat het daadwerkelijk klopt. Het is belangrijk op te merken dat deze berekeningen inschattingen zijn en geen garantie bieden voor absolute nauwkeurigheid.

| Gemiddelde verdiensten op de EPEX-handelsmarkt | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bijlage: | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Datum: | 08-08-23 | 22-07-23 | 02-07-23 | 12-06-23 | 16-04-23 | 13-03-23 | 26-02-23 | 05-01-23 |
| Opbrengst: | € 0,14811 | € 0,05851 | € 0,55891 | € 0,05854 | € 0,00523 | € 0,06448 | € 0,06008 | € 0,17294 |
| Gemiddeld: | | | | | | | | € 0,14085 |
| | | | | | | | | |
| De gemiddelde opbrengst van het energieopslagsysteem per dag | | | | | | | | |
| Gemiddelde verdiensten EPEX in € per kWh * grootte energieopslag systeem in kWh | | | | | | | | |
| € 0,14085 * 500 kWh = € 70,43 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| De gemiddelde opbrengst van het energieopslagsysteem per jaar | | | | | | | | |
| De gemiddelde opbrengst van het energieopslag systeem per dag * 365 dagen (jaar) | | | | | | | | |
| € 70,425 * 365 dagen = € 25.705,13 per jaar | | | | | | | | |

Tabel 9: Eigenwerk 9

Tabel 9 toont de berekende gemiddelde opbrengst van het energieopslagsysteem, resulterend in een jaarlijkse opbrengst van €25.705,13. Met behulp van dit resultaat is de terugverdientijd vastgesteld, zoals vermeld in Bijlage 18. De terugverdientijd voor een energieopslagsysteem bestemd voor de EPEX-Handelsmarkt wordt geschat op 35 jaar. Deze lange periode maakt het zoals eerder vermeld niet rendabel, aangezien dit de economische levensduur van een energieopslagsysteem van ongeveer 12 jaar overschrijdt.

3.4.2.3 Energie verhandelen op de onbalansmarkt

Momenteel zijn de inkomsten het hoogst op de onbalansmarkt: Primaire reservevermogen (FCR), zoals eerder benoemd. Netbeheerders zijn bereid om aanzienlijke vergoedingen te betalen aan bedrijven met energieopslagsystemen die deze service kunnen leveren. Netbeheerders betaalde in 2021 ongeveer €175.000 per jaar aan bedrijven met een opslagsysteem van 1 MWh die succesvol de netfrequentie stabiel kunnen houden op 50 Hertz (Next Kraftwerke Benelux B.V., z.d.).

Wanneer pluimveebedrijf van Haare zou kiezen voor de energiemarkt met een energieopslagsysteem van 500 kWh, zou er naar schatting een netto-opbrengst van ongeveer €87.500 per jaar zijn, op basis van gegevens van de ING Bank.

Met een opbrengst van €87.500 is een berekening uitgevoerd om de terugverdientijd te bepalen. Hieruit blijkt dat het energieopslagsysteem zichzelf terugverdient na 10,3 jaar (zie Bijlage 19). Deze tijdsperiode kan gunstig zijn voor pluimveebedrijf van Haare, aangezien de economische levensduur van het systeem 12 jaar is. Dit resulteert in een winstperiode van 1,7 jaar. Door de kosten-batenanalyse kan er met de berekende baten gedurende 1,7 jaar een winst worden behaald van $€87.500 * 1,7 \text{ jaar} = €148.750,-$.

Deze opbrengst is berekend onder de veronderstelling dat het systeem optimaal gebruik kan maken van de capaciteit van de batterij. Momenteel heeft het bedrijf een terugleververmogen van 630 kW aan het net, maar een transportvermogen van slechts 83 kW. Hierdoor is het bedrijf momenteel niet in staat om snel energie in te kopen om het energiesysteem op te laden.

3.4.3 Resultaten

In het onderzoek naar energieopslagsystemen voor pluimveebedrijf Van Haare wordt aanbevolen om een 500 kWh systeem te kiezen vanwege de aansluitcapaciteit van 630 kVA. De geschatte kosten voor dit systeem zijn €500.000. Het systeem heeft een geschatte levensduur van 4000 tot 6000 cycli, wat overeenkomt met ongeveer 12 jaar. Vergunningskosten voor installatie zijn ongeveer €2.500, met extra €5.000 voor locatievoorbereiding. Deze brengen de totale investering op €507.500. Uitbreiding naar 630 kW transportvermogen zou €35.000 extra kosten, resulterend in €542.500 investering.

Het gebruik van een energieopslagsysteem kan leiden tot kostenbesparingen door het optimaliseren van eigen energieverbruik. Pluimveebedrijf Van Haare kan naar schatting €9.177,19 per jaar besparen door het eigen gebruik van opgewekte energie te maximaliseren. De terugverdientijd wordt geschat op 83,5 jaar, waardoor het niet rendabel is om voor deze manier te kiezen.

Het onderzoek richt zich ook op deelname aan de energiemarkt via de EPEX-handelsbeurs en de impact van variabele energieprijzen. De voorbeelden geven opbrengsten en kosten op basis van gemiddelde marktprijzen. De gemiddelde jaarlijkse opbrengst van een energieopslagsysteem wordt geschat op €25.705,13, maar de terugverdientijd wordt ingeschat op 35 jaar, wat de economische levensduur van 12 jaar overschrijdt.

Een andere mogelijkheid is deelname aan de onbalansmarkt, waar netbeheerders bereid zijn aanzienlijke vergoedingen te betalen aan bedrijven met energieopslagsystemen. Met een energieopslagsysteem van 500 kWh wordt geschat dat pluimveebedrijf Van Haare een netto-opbrengst van ongeveer €87.500 per jaar kan behalen. De terugverdientijd wordt geschat op 10,3 jaar, wat binnen de economische levensduur valt. Hierdoor kan het bedrijf gedurende 1,7 jaar een winst van €148.750 behalen.

Belangrijke aandachtspunten zijn echter de beperkte capaciteit om snel energie in te kopen op het net en het feit dat deze berekeningen inschattingen zijn zonder absolute nauwkeurigheid.

Het huidige terugleververmogen van het bedrijf is 630 kW, terwijl het transportvermogen slechts 83 kW is. Dit belemmert momenteel het bedrijf bij snel inkopen van energie en het opladen van het energiesysteem. Waardoor het systeem momenteel niet optimaal gebruik kan maken van de EPEX-handelsmarkt en de onbalansmarkt. Een ander belangrijk aandachtspunt is dat de berekeningen schattingen zijn en dat men niet mag veronderstellen dat ze volledig accuraat zijn.

4 Discussie & reflectie

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten en verwachtingen van het onderzoek naar de rendabiliteit van een energieopslagsysteem. De hoofdvraag was gericht op het beoordelen of het aanschaffen van een energieopslagsysteem voor pluimveebedrijf van Haare financieel haalbaar was. Om deze vraag te beantwoorden, werden vier deelvragen opgesteld als leidraad voor het onderzoek. Het doel was om te bepalen of het bedrijf daadwerkelijk baat zou hebben bij de implementatie van een energieopslagsysteem.

- Deelvraag 1: Welk energieopslagsysteem past het beste bij pluimveebedrijf van Haare?

De keuze tussen lithium-ion batterijen en waterstof als energieopslagsysteem is een cruciale afweging voor pluimveebedrijf van Haare. Hoewel lithium-ion batterijen momenteel praktischer lijken vanwege hun hoge energiedichtheid en lagere kosten, zijn er zorgen over grondstof schaarste en milieuvervuiling. Hoewel het begrijpelijk is dat het bedrijf voor een snelle terugverdientijd kiest, had er meer aandacht moeten worden besteed aan de mogelijkheid van waterstofopslag. Groene waterstof biedt een duurzaam alternatief, en een diepgaande analyse van toekomstige ontwikkelingen in de technologie had kunnen helpen beoordelen of dit haalbaar was voor het bedrijf.

- Deelvraag 2: Wat is er nodig om een energieopslagsysteem te realiseren?

Bij het realiseren van een energieopslagsysteem zijn diverse cruciale elementen van belang. Een geschikte batterij, zoals de gekozen Lithium-ion batterij met een opslagcapaciteit van 0,5 - 1 MWh, is essentieel om energie op te slaan. Daarnaast moet er een energie-opwekkingssysteem, zoals zonnepanelen, aanwezig zijn om hernieuwbare energie te produceren. Pluimveebedrijf van Haare levert een groot deel van de opgewekte energie terug aan het net, wat gunstig is voor duurzaamheid. Om de opgeslagen energie te gebruiken, zijn omvormers vereist voor de conversie van gelijkstroom naar wisselstroom. Het verhogen van het gecontracteerde transportvermogen naar 630 kW om de accu volledig te benutten, is momenteel niet mogelijk vanwege het overbelaste elektriciteitsnet. Voldoende ruimte rond de gebouwen maakt plaatsing van het energieopslagsysteem mogelijk. Tot slot zijn vergunningen en regelgeving, zoals de mogelijke PGS-37 richtlijn, belangrijke aandachtspunten voor een succesvolle implementatie.

- Deelvraag 3: Op welke manier kan er gebruik gemaakt worden van een energieopslagsysteem om er meer rendabiliteit uit te halen?

Een energieopslagsysteem lijkt inderdaad diverse voordelen te bieden, zoals duurzaamheid, kostenbesparing en betrouwbare energievoorziening. Echter, een kritische overweging is nodig om de daadwerkelijke haalbaarheid en effectiviteit ervan te beoordelen. Hoewel optimalisatie van zelfverbruik en verkoop tijdens piekuren gunstig klinkt, kunnen externe factoren zoals energieprijzen en marktschommelingen de rendabiliteit beïnvloeden. Bovendien vereist het systeem mogelijk aanzienlijke investeringen en kunnen efficiëntieverliezen de werkelijke opbrengst beïnvloeden. Het is cruciaal om een grondige kosten-batenanalyse uit te voeren en rekening te houden met technologische beperkingen en regelgeving om te bepalen of een energieopslagsysteem daadwerkelijk een duurzame en rendabele oplossing is.

➤ Deelvraag 4: Wat is de terugverdientijd van een energieopslagsysteem?

De vierde deelvraag behandelt de terugverdientijd van een energieopslagsysteem voor pluimveebedrijf Van Haare. Het onderzoek raadt aan een 500 kWh systeem te installeren, passend bij een 630 kVA aansluitcapaciteit met een kosten van €500.000. Geschatte systeemlevensduur is 12 jaar met 4000-6000 cycli. Vergunnings- en locatiekosten van €2.500 en €5.000 brengen de totale investering op €507.500. Als het bedrijf het systeem wil gebruiken voor de energiehandel zou het €35.000 extra kosten voor een 630 kW transportvermogen totaal wordt dit €542.500. Een duurzaamheidsstrategie met 3% rente en 10 jaar aflossing verbetert de haalbaarheid. Optimalisatie van eigen verbruik kan jaarlijks €9.177,19 besparen, maar een terugverdientijd van 83,5 jaar maakt dit onrendabel. Deelname aan EPEX-handelsbeurs biedt jaarlijks €25.705,13, echter 35 jaar terugverdientijd overschrijdt de systeemlevensduur. Een alternatieve aanpak is deelname aan de onbalansmarkt, waar netbeheerders bedrijven hoge vergoedingen bieden. Met een 500 kWh systeem kan pluimveebedrijf van Haare naar schatting jaarlijks €87.500 winst behalen. De terugverdientijd is 10,3 jaar, wat binnen economische levensduur van 12 jaar valt. Dit zou het bedrijf gedurende 1,7 jaar een winst van €148.750 kunnen opleveren. Echter, het huidige terugleververmogen van het bedrijf is 630 kW, terwijl het transportvermogen slechts 83 kW is. Dit belemmert momenteel het bedrijf om het energieopslagsysteem in te zetten voor de markt.

➤ Hoofdvraag: In hoeverre is een energieopslagsysteem rendabel voor pluimveebedrijf van Haare?

Het lijkt erop dat het energieopslagsysteem een rendabele optie is voor pluimveebedrijf van Haare, op basis van de onderzoeksresultaten. De geschatte terugverdientijd van het systeem is ongeveer 10,3 jaar, wat betekent dat de initiële investering binnen die periode wordt terugverdiend door besparingen op energiekosten en inkomsten uit de verkoop van opgeslagen energie. Hoewel de levensduur van het systeem 12 jaar is, betekent dit dat het bedrijf slechts 1,7 jaar profijt zou hebben van het systeem na het bereiken van de terugverdientijd. Ook biedt het systeem mogelijkheden om overtollige energie van zonnepanelen op te slaan en later te gebruiken, wat de energie-efficiëntie verbetert.

Echter, een uitdaging voor pluimveebedrijf van Haare is de overbelasting van het huidige elektriciteitsnet. Hierdoor kan het gecontracteerde transportvermogen niet verhoogd worden naar de benodigde 630 kW, wat het volledig benutten van de accu belemmert. Deze beperking kan de haalbaarheid en de volledige rendabiliteit van het energieopslagsysteem beïnvloeden.

Desondanks lijkt het energieopslagsysteem nog steeds een waardevolle investering te zijn voor pluimveebedrijf van Haare, omdat het bijdraagt aan duurzaamheid, kostenbesparing op de lange termijn en mogelijke inkomsten op de reservemarkt. Het is echter van cruciaal belang om de overbelasting van het elektriciteitsnet aan te pakken om de volledige voordelen van het systeem te benutten. Een nauwe samenwerking met netbeheerders en verdere infrastructuurverbeteringen kunnen mogelijk oplossingen bieden voor dit probleem.

5 Conclusie & aanbeveling

Na uitgebreid onderzoek blijkt dat een lithium-ion batterijsysteem met een energieopslagcapaciteit van 500 kWh de meest geschikte keuze is voor pluimveebedrijf van Haare. Het systeem biedt de mogelijkheid om overtollige energie van zonnepanelen op te slaan en later te gebruiken, wat bijdraagt aan duurzaam en energie-efficiënt opereren. Daarnaast heeft een lithium-ion batterij een hoge energiedichtheid, is het kostenefficiënt en relatief onderhoudsvriendelijk, waardoor het perfect aansluit bij de behoeften van het bedrijf.

Echter, een uitdaging die het pluimveebedrijf momenteel ondervindt, is het beperkte transportvermogen van slechts 83 kW. Dit belemmert het bedrijf bij het snel inkopen van energie en het volledig benutten van het energieopslagsysteem. Het verhogen van het gecontracteerde transportvermogen naar 630 kW, zoals gewenst door het bedrijf, is momenteel niet mogelijk vanwege de overbelasting van het huidige elektriciteitsnet.

Vanwege deze beperking in transportvermogen is het deelname aan de energiemarkt, zoals bij de onbalansmarkten, minder aantrekkelijk voor het bedrijf. Dit kan de rendabiliteit van het energieopslagsysteem negatief beïnvloeden en de terugverdientijd verlengen.

Op basis van deze overwegingen is het aanbevolen dat pluimveebedrijf van Haare momenteel niet investeert in een waterstofopslagsysteem. Hoewel groene waterstof als een duurzaam alternatief werd beschouwd, bevindt het zich nog in een vroeg stadium van ontwikkeling en brengt het hogere kosten met zich mee dan een lithium-ion batterij.

Ondanks de uitdagingen met het transportvermogen, biedt het lithium-ion batterijsysteem nog steeds waardevolle voordelen voor het bedrijf. Het optimaliseren van het zelfverbruik van opgewekte energie, de verkoop van elektriciteit tijdens piekuren en de stroomvoorziening tijdens stroomuitval zijn enkele mogelijkheden die het systeem kan bieden.

De geschatte terugverdientijd van het energieopslagsysteem is ongeveer 10,3 jaar, wat een aanzienlijke periode is. Toch zal het systeem op de lange termijn aanzienlijke besparingen op energiekosten opleveren en extra inkomsten genereren, waardoor het bedrijf duurzamer kan opereren.

Het is echter essentieel dat het pluimveebedrijf voortdurend het functioneren van het energiesysteem monitort en evalueert, rekening houdend met eventuele veranderingen in de energiemarkt en toekomstige ontwikkelingen. Flexibiliteit en aanpassingsvermogen zijn cruciaal om optimaal te profiteren van het energieopslagsysteem en om duurzaamheidsdoelstellingen te realiseren.

Gezien de beperkingen van het huidige transportvermogen en de mogelijke impact op de rendabiliteit, is het aanbevolen dat het pluimveebedrijf eerst de mogelijkheden onderzoekt om het transportvermogen te verhogen en de overbelasting van het elektriciteitsnet aan te pakken voordat de investering in het energieopslagsysteem wordt overwogen. Met een verbeterde transportcapaciteit kan het lithium-ion batterijsysteem een belangrijke stap zijn naar een duurzamere en rendabelere bedrijfsvoering voor pluimveebedrijf van Haare.

Bibliografie

EPEX-beurs per uur. Aangepast overgenomen uit *Day-ahead prices* van, (<https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/nl/hourly/?view=table>).

De Jonge Baas, M. (Red.). (2022, 5 april). 'Lokale capaciteitsmarkt zorgt voor betere afstemming vraag en aanbod op bedrijventerreinen'. Geraadpleegd op 13 juli 2023, van <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i26866/lokale-capaciteitsmarkt-zorgt-voor-betere-afstemming-vraag-en-aanbod-op-bedrijventerreinen>

Grondstoftekort dreigt voor de elektrische accu - Stibat. (2020, 26 juni). Legebatterijen. Geraadpleegd op 20 juni 2023, van <https://www.legebatterijen.nl/actueel/blog/grondstoftekort-dreigt-voor-de-elektrische-accu/>

Meulenkamp, E., van Bree, T., & Geurts, A. (2019). *Verkenning batterijen 2: Positie NL in de waardeketen*. Geraadpleegd op 20 juni 2023, van <https://publications.tno.nl/publication/34635153/m1m8Vc/TNO-2019-R11578.pdf>

Next Kraftwerke Benelux B.V. (z.d.). *Balanshandhaving in het Nederlandse elektriciteitsnet*. www.next-kraftwerke.nl. Geraadpleegd op 13 juli 2023, van <https://www.next-kraftwerke.nl/kennis/balanceringsenergie>

NieuweStroom. (z.d.). *EPEX-APX handelsbeurs*. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Nord Pool. (z.d.). *Market data*. Geraadpleegd op 22 december 2022, van <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/nl/hourly/?view=table>).

Poelen, J. (2022, 28 november). *Opslag in het energiesysteem van de toekomst*. Klimaatweb. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://klimaatweb.nl/nieuws/opslag-in-het-energiesysteem-van-de-toekomst/>

Prins, M. (2020). *Vijf mythes over waterstof ontkracht*. Natuur & Milieu. https://natuurenmilieu.nl/publicatie/mythes-over-waterstof/?gclid=Cj0KCQjwnMWkBhDLARIsAHBOftpSun0Sdjz8_HG3mSVueOIzleUE5Sf6nulw2jCM8QrmdEk39af76sUaAm3WEALw_wcB

Scholt Energy. (2022, 10 juni). *Scholt Energy gaat zonnepark en batterij van Engelen Energie inzetten op balanceringsmarkten*. Geraadpleegd op 22 december 2022, van <https://www.scholt.nl/actueel/scholt-gaat-zonnepark-en-batterij-van-engelen-energie-inzetten/>

Sluijters, S. (2022, 20 september). *Arnhems bedrijf komt met spotgoedkope batterij voor grootschalige en langdurige opslag*. Change Inc. <https://www.change.inc/energie/arnhems-bedrijf-komt-met-spotgoedkope-batterij-voor-grootschalige-en-langdurige-opslag-3890>

Steenbergen, S. (2023, 23 februari). *Zo werkt een thuisbatterij*. E2-Energie. Geraadpleegd op 13 juli 2023, van <https://e2energie.nl/thuisbatterij/zo-werkt-een-thuisbatterij/#:~:text=Om%20een%20thuisbatterij%20in%20te,u%20terug%20aan%20het%20net>

Tjitte Mastenbroek. (2021, 10 september). *ACM: transporttarieven moeten geen belemmering zijn bij aanleg elektriciteitsopslag*. Autoriteit Consument & Markt. Geraadpleegd op 22 december 2022, van

<https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-transporttarieven-moeten-geen-belemmering-zijn-bij-aanleg-elektriciteitsopslag>

Van der Meer, T. (2023, 6 maart). *Zon zorgt voor duurzaam jaar: Nederland wekte vorig jaar veel meer hernieuwbare energie op*. ad.nl. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://www.ad.nl/binnenland/zon-zorgt-voor-duurzaam-jaar-nederland-wekte-vorig-jaar-veel-meer-hernieuwbare-energie-op~aca79536/>

Van Gastel, E. (2023, 2 januari). *Nederland installeerde 1.945 megawattpiek zonnepanelen in eerste helft 2022*. Solarmagazine. Geraadpleegd op 7 mei 2023, van <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i28671/nederland-installeerde-1-945-megawattpiek-zonnepanelen-in-eerste-helft-2022>

Van Marle, M. (2022). *Opslag lithiumbatterijen: PGS 37 in concept gepubliceerd*. CertificeringsAdvies Nederland. <https://certificeringsadvies.nl/opslag-lithiumbatterijen-pgs-37-in-concept-gepubliceerd/>

Viveen, P. (2023, 10 juli). *Noodstroomvoorziening thuis | Zekerheid voor je apparatuur 2023*. Verbouwkosten. Geraadpleegd op 13 juli 2023, van <https://www.verbouwkosten.com/noodstroomvoorziening-thuis/>

Hieminga, G. (2019). *Bedrijven laden zich beperkt op voor batterij*. ING Economisch Bureau. Geraadpleegd op 20 juli 2023, van https://www.ing.nl/media/ING_EBZ_bedrijven-laden-zich-beperkt-op-voor-batterij_tcm162-183977.pdf

Enexis Netbeheer. (2021). *Periodieke aansluit- en transporttarieven elektriciteit*. In <https://www.enexis.nl/>. Geraadpleegd op 11 augustus 2023, van <https://www.enexis.nl/-/media/downloads/tariefladen/tarieven-grootzakelijk/2022/tarieven-elektriciteit-voor-zakelijk-grootverbruik-vanaf-01072022-pdf.pdf>

De Jonge Baas, M. (Red.). (2022, 5 april). *‘Lokale capaciteitsmarkt zorgt voor betere afstemming vraag en aanbod op bedrijventerreinen’*. Geraadpleegd op 13 juli 2023, van <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i26866/lokale-capaciteitsmarkt-zorgt-voor-betere-afstemming-vraag-en-aanbod-op-bedrijventerreinen>

Meulenkamp, E., van Bree, T., & Geurts, A. (2019). *Verkenning batterijen 2: Positie NL in de waardeketen*. Geraadpleegd op 20 juni 2023, van <https://publications.tno.nl/publication/34635153/m1m8Vc/TNO-2019-R11578.pdf>

Van Gastel, E. (2023, 2 januari). *Nederland installeerde 1.945 megawattpiek zonnepanelen in eerste helft 2022*. Geraadpleegd op 7 mei 2023, van <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i28671/nederland-installeerde-1-945-megawattpiek-zonnepanelen-in-eerste-helft-2022>

Next Kraftwerke Benelux B.V. (z.d.). *Balanshandhaving in het Nederlandse elektriciteitsnet*. Geraadpleegd op 13 juli 2023, van <https://www.next-kraftwerke.nl/kennis/balanceringsenergie>

NieuweStroom. (z.d.). *EPEX-APX handelsbeurs*.

Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Nord Pool. (z.d.). *Market data*.

Geraadpleegd op 22 december 2022, van <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/nl/hourly/?view=table>

Poelen, J. (2022, 28 november). *Opslag in het energiesysteem van de toekomst*.

Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://klimaatweb.nl/nieuws/opslag-in-het-energiesysteem-van-de-toekomst/>

Prins, M. (2020). *Vijf mythes over waterstof ontkracht*.

Geraadpleegd op 7 mei 2023, van https://natuurenmilieu.nl/publicatie/mythes-over-waterstof/?gclid=Cj0KCQjwnMWkBhDLARIsAHBOftpSun0Sdjz8_HG3mSVueOizleUE5Sf6nulw2jCM8QrmdEk39af76sUaAm3WEALw_wcB

Scholt Energy. (2022, 10 juni). *Scholt Energy gaat zonnepark en batterij van Engelen Energie inzetten op balanceringsmarkten*.

Geraadpleegd op 22 december 2022, van <https://www.scholt.nl/actueel/scholt-gaat-zonnepark-en-batterij-van-engelen-energie-inzetten/>

Sluijters, S. (2022, 20 september). *Arnhems bedrijf komt met spotgoedkope batterij voor grootschalige en langdurige opslag*.

Geraadpleegd op 20 juli 2023, van <https://www.change.inc/energie/arnhems-bedrijf-komt-met-spotgoedkope-batterij-voor-grootschalige-en-langdurige-opslag-3890>

Steenbergen, S. (2023, 23 februari). *Zo werkt een thuisbatterij*.

Geraadpleegd op 13 juli 2023, van <https://e2energie.nl/thuisbatterij/zo-werkt-een-thuisbatterij/#:~:text=Om%20een%20thuisbatterij%20in%20te,u%20terug%20aan%20het%20net>

Stibat. (2020, 26 juni) *Grondstoftekort dreigt voor de elektrische accu*.

Legebatterijen. Geraadpleegd op 20 juni 2023, van <https://www.legebatterijen.nl/actueel/blog/grondstoftekort-dreigt-voor-de-elektrische-accu/>

Tjitte Mastenbroek. (2021, 10 september). *ACM: transporttarieven moeten geen belemmering zijn bij aanleg elektriciteitsopslag*.

Geraadpleegd op 22 december 2022, van <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-transporttarieven-moeten-geen-belemmering-zijn-bij-aanleg-elektriciteitsopslag>

Van der Meer, T. (2023, 6 maart). *Zon zorgt voor duurzaam jaar: Nederland wakte vorig jaar veel meer hernieuwbare energie op*.

Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://www.ad.nl/binnenland/zon-zorgt-voor-duurzaam-jaar-nederland-wakte-vorig-jaar-veel-meer-hernieuwbare-energie-op~aca79536/>

Bijlage

Bijlage 1

EUR/MWh

| | 27-08-2022 | 26-08-2022 | 25-08-2022 | 24-08-2022 | 23-08-2022 | 22-08-2022 | 21-08-2022 | 20-08-2022 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 00 - 01 | 685,14 | 607,15 | 521,35 | 581,80 | 550,00 | 504,25 | 430,27 | 512,09 |
| 01 - 02 | 644,20 | 580,07 | 522,92 | 550,00 | 504,73 | 477,42 | 381,00 | 500,05 |
| 02 - 03 | 636,80 | 572,53 | 520,07 | 550,19 | 507,00 | 467,64 | 374,94 | 480,09 |
| 03 - 04 | 587,90 | 571,04 | 513,06 | 535,98 | 500,57 | 447,83 | 344,27 | 460,04 |
| 04 - 05 | 563,47 | 569,21 | 518,60 | 539,01 | 503,32 | 450,02 | 323,00 | 452,61 |
| 05 - 06 | 573,10 | 598,99 | 530,07 | 574,18 | 531,02 | 497,08 | 324,07 | 452,15 |
| 06 - 07 | 580,90 | 750,00 | 606,23 | 648,00 | 627,95 | 561,72 | 365,99 | 471,69 |
| 07 - 08 | 636,00 | 769,23 | 667,59 | 683,25 | 668,21 | 599,90 | 348,35 | 475,03 |
| 08 - 09 | 682,59 | 802,98 | 689,84 | 694,26 | 680,00 | 610,00 | 332,00 | 484,93 |
| 09 - 10 | 685,95 | 781,62 | 637,39 | 649,92 | 640,10 | 595,59 | 317,26 | 480,02 |
| 10 - 11 | 660,75 | 763,20 | 572,04 | 530,02 | 614,01 | 583,46 | 254,52 | 464,50 |
| 11 - 12 | 571,48 | 750,03 | 484,54 | 522,60 | 539,40 | 567,50 | 159,35 | 443,19 |
| 12 - 13 | 537,60 | 699,90 | 418,38 | 457,15 | 511,90 | 459,90 | 97,31 | 420,10 |
| 13 - 14 | 477,03 | 641,82 | 487,20 | 495,61 | 500,04 | 519,99 | 56,00 | 351,91 |
| 14 - 15 | 490,15 | 590,14 | 401,26 | 495,13 | 549,32 | 550,00 | 97,34 | 331,89 |
| 15 - 16 | 446,02 | 648,00 | 499,90 | 554,40 | 572,62 | 577,20 | 185,70 | 328,60 |
| 16 - 17 | 478,58 | 659,90 | 532,10 | 600,06 | 604,43 | 586,67 | 314,48 | 348,37 |
| 17 - 18 | 550,34 | 750,00 | 686,80 | 672,33 | 648,15 | 613,55 | 455,00 | 402,56 |
| 18 - 19 | 667,16 | 770,00 | 714,23 | 750,00 | 713,65 | 640,00 | 530,00 | 475,06 |
| 19 - 20 | 707,36 | 779,81 | 766,79 | 850,00 | 794,95 | 644,23 | 592,00 | 529,91 |
| 20 - 21 | 700,06 | 778,51 | 760,00 | 783,56 | 771,00 | 679,97 | 626,50 | 569,08 |
| 21 - 22 | 665,98 | 770,00 | 710,00 | 724,87 | 708,83 | 629,63 | 607,35 | 543,93 |
| 22 - 23 | 659,94 | 747,74 | 673,40 | 659,37 | 644,00 | 588,86 | 595,46 | 536,67 |
| 23 - 00 | 597,30 | 700,00 | 626,73 | 570,54 | 599,99 | 545,00 | 570,11 | 431,10 |
| Min | 446,02 | 569,21 | 401,26 | 457,15 | 500,04 | 447,83 | 56,00 | 328,60 |
| Max | 707,36 | 802,98 | 766,79 | 850,00 | 794,95 | 679,97 | 626,50 | 569,08 |
| Average | 603,58 | 693,83 | 585,85 | 611,34 | 603,55 | 558,23 | 361,76 | 456,07 |
| Peak | 579,58 | 719,78 | 574,21 | 605,96 | 614,05 | 579,01 | 282,58 | 421,75 |
| Off-peak 1 | 613,44 | 627,28 | 549,99 | 582,80 | 549,10 | 500,73 | 361,49 | 475,47 |
| Off-peak 2 | 655,82 | 749,06 | 692,53 | 684,59 | 680,96 | 610,87 | 599,86 | 520,20 |
| | 27-08-2022 | 26-08-2022 | 25-08-2022 | 24-08-2022 | 23-08-2022 | 22-08-2022 | 21-08-2022 | 20-08-2022 |

Figuur 1

APEX-beurs per uur. Aangepast overgenomen uit Day-ahead prices van, (<https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/nl/hourly/?view=table>). Copyright 2022

Bijlage 2

EUR/MWh

| | 26-07-2023 | 25-07-2023 | 24-07-2023 | 23-07-2023 | 22-07-2023 | 21-07-2023 | 20-07-2023 | 19-07-2023 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 00 - 01 | 97,96 | 96,00 | 77,14 | 87,23 | 97,53 | 99,90 | 98,26 | 108,11 |
| 01 - 02 | 89,31 | 86,55 | 70,02 | 79,37 | 98,42 | 95,00 | 94,45 | 101,04 |
| 02 - 03 | 86,26 | 84,95 | 68,99 | 65,41 | 93,00 | 94,20 | 82,90 | 97,25 |
| 03 - 04 | 79,65 | 84,69 | 72,01 | 33,22 | 94,36 | 91,46 | 80,39 | 95,05 |
| 04 - 05 | 79,64 | 84,15 | 72,09 | 15,09 | 89,93 | 92,60 | 82,00 | 93,58 |
| 05 - 06 | 86,83 | 94,21 | 87,11 | 11,09 | 88,00 | 97,05 | 83,88 | 94,90 |
| 06 - 07 | 100,14 | 89,00 | 99,72 | 5,08 | 88,80 | 88,29 | 95,83 | 97,24 |
| 07 - 08 | 114,22 | 94,00 | 111,15 | 2,88 | 86,18 | 95,00 | 106,45 | 116,99 |
| 08 - 09 | 119,94 | 100,30 | 113,70 | 3,42 | 82,93 | 110,79 | 111,45 | 116,88 |
| 09 - 10 | 105,60 | 94,90 | 105,00 | 0,09 | 90,70 | 103,09 | 98,87 | 99,90 |
| 10 - 11 | 97,48 | 81,24 | 99,94 | 0,00 | 74,59 | 88,00 | 86,30 | 88,48 |
| 11 - 12 | 90,97 | 72,00 | 94,62 | -0,03 | 46,56 | 89,55 | 75,66 | 81,29 |
| 12 - 13 | 84,59 | 39,95 | 87,45 | -0,05 | 44,14 | 80,72 | 68,80 | 77,22 |
| 13 - 14 | 72,00 | 26,50 | 81,59 | -10,08 | 22,34 | 77,72 | 59,12 | 69,28 |
| 14 - 15 | 65,16 | 25,79 | 74,89 | -17,01 | 19,52 | 74,60 | 64,12 | 63,33 |
| 15 - 16 | 56,40 | 41,00 | 63,40 | -9,61 | 29,05 | 73,68 | 74,13 | 62,65 |
| 16 - 17 | 80,00 | 74,81 | 63,73 | -4,19 | 46,86 | 73,00 | 74,90 | 72,23 |
| 17 - 18 | 89,19 | 84,00 | 77,48 | 0,00 | 70,87 | 87,40 | 85,49 | 76,54 |
| 18 - 19 | 95,13 | 88,90 | 95,24 | 27,47 | 85,44 | 84,00 | 101,97 | 94,90 |
| 19 - 20 | 114,94 | 105,10 | 104,97 | 66,37 | 99,78 | 121,51 | 126,58 | 111,81 |
| 20 - 21 | 120,86 | 119,28 | 109,90 | 87,66 | 103,86 | 130,00 | 144,15 | 125,63 |
| 21 - 22 | 117,81 | 118,13 | 112,57 | 93,67 | 116,15 | 121,70 | 137,19 | 122,70 |
| 22 - 23 | 110,62 | 110,10 | 104,24 | 100,04 | 102,62 | 108,49 | 122,00 | 114,39 |
| 23 - 00 | 97,00 | 98,50 | 102,45 | 93,40 | 97,31 | 95,64 | 109,66 | 101,10 |
| Min | 56,40 | 25,79 | 63,40 | -17,01 | 19,52 | 73,00 | 59,12 | 62,65 |
| Max | 120,86 | 119,28 | 113,70 | 100,04 | 116,15 | 130,00 | 144,15 | 125,63 |
| Average | 93,82 | 83,09 | 89,56 | 30,44 | 77,87 | 94,72 | 94,36 | 95,10 |
| Peak | 89,28 | 69,54 | 88,50 | 4,70 | 59,40 | 88,67 | 85,62 | 84,54 |
| Off-peak 1 | 91,75 | 89,19 | 82,28 | 37,42 | 92,03 | 94,19 | 90,52 | 100,52 |
| Off-peak 2 | 111,57 | 111,50 | 107,29 | 93,69 | 104,99 | 113,96 | 128,25 | 115,96 |
| | 26-07-2023 | 25-07-2023 | 24-07-2023 | 23-07-2023 | 22-07-2023 | 21-07-2023 | 20-07-2023 | 19-07-2023 |

Figuur 2

APEX-beurs per uur. Aangepast overgenomen uit Day-ahead prices van, (<https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/nl/hourly/?view=table>). Copyright 2022

Bijlage 3

Interview met Wouter Boelens van het bedrijf Scholt Energy, 13 juni 2023

1. Waarom is energieopslag zo belangrijk vanuit jullie perspectief?

Het benadrukt het belang van energieopslag bij het handhaven van een stabiele netfrequentie van 50 Hertz en het balanceren van het elektriciteitsnet met hernieuwbare energiebronnen.

2. Wat is de reden bij aanschaf waarom een bedrijf voor jullie kiest?

Scholt Energy is momenteel een vooraanstaande dienstverlener op de Nederlandse markt, met de grootste pool van individuele batterijen. Ze beheren ook een indrukwekkende pipeline van batterijprojecten, voornamelijk van grootschalige Utility Scale-projecten, die in de komende jaren zullen worden gerealiseerd. Als een verantwoordelijke partij voor balanceren en een serviceprovider in balanceringsmarkten, biedt Scholt Energy toegang tot diverse energiehandelmarkten en balanceringsmarkten.

3. Welke grondstoffen bevat jullie energieopslagsysteem?

Ons energieopslagsysteem maakt gebruik van lithium-ion als de belangrijkste grondstof. Dit systeem wordt ingekocht bij het bedrijf Alfen, dat bekend staat om zijn expertise in energieopslagoplossingen.

4. Welke ontwikkelingen doet het bedrijf als het gaat om verschillende grondstoffen?

In de vorige vraag werd vermeld dat Scholt Energy energieopslagsystemen inkoopt bij Alfen. Hierdoor is het bedrijf niet rechtstreeks betrokken bij de selectie van grondstoffen, aangezien hun rol voornamelijk gericht is op het ontwikkelen en bijhouden van een monitoring- en sturing systeem.

5. Wat zijn de kosten van een energieopslagsysteem van een capaciteit van 1 MWh?

Een energieopslagsysteem met een capaciteit van 1 MWh kost doorgaans ongeveer €1.000.000. Echter, gezien de aansluiting van 630 kVA, raden we aan om te kiezen voor een energieopslagsysteem van 500 kWh, wat ongeveer €500.000 kost. Dit biedt voldoende energieopslag en resulteert in aanzienlijke kostenbesparingen in vergelijking met het 1 MWh-systeem.

6. Hoe lang gaat een energieopslagsysteem mee?

Een energieopslagsysteem heeft doorgaans een levensduur van ongeveer 12 jaar bij normaal gebruik, wat overeenkomt met 4000 tot 6000 cycli. Een cyclus verwijst naar één volledige lading en ontlading van de batterij.

7. Hoe wordt het energieopslagsysteem aangesloten op de installatie?

Een van de voordelen van jullie systeem is dat er gebruik gemaakt wordt van een al bestaand compact station, waardoor het energieopslagsysteem hier direct op kan worden aangesloten. Dit voorkomt extra kosten door een nieuw compact station aan te schaffen. Hierdoor wordt het aansluiten van het energieopslagsysteem vereenvoudigd omdat het rechtstreeks wordt gekoppeld aan het compact station.

8. Zijn er gevaren die kunnen ontstaan door het gebruik van een energieopslagsysteem?

Het energieopslagsysteem is ontworpen met veiligheid als prioriteit. Alfen heeft sensoren in hun systemen geïntegreerd om continu de accutemperaturen te monitoren. Mocht er een abnormaal hoge temperatuur worden gedetecteerd, dan treedt het zelfblussysteem in werking, waardoor eventuele risico's geminimaliseerd worden.

Dinsdag 13 juli 2023, Wouter Boelens

Bijlage 4

FW: Mogelijkheden energieopslag (EAN 871687910000479067/ HAPS)



Congestiemangement <congestiemangement@enexis.nl>

6-7-2023 13:29

Aan: Pluimveebedrijf van Haare

Beste heer van Haare,

Onlangs heeft u op [onze website](#) het formulier ingevuld waarmee u interesse toont om met uw flexibel vermogen mee te doen aan congestiemangement. Allereerst bedankt voor het tonen van uw interesse. Het gebied waarin u het interesse toont, heeft transportschaarste. We vertellen u wat we gaan doen.

Transportschaarste in uw gebied

Uw aansluiting zit in een gebied waar momenteel geen capaciteit (oranje/rood) beschikbaar is.

Wij zijn een onderzoek gestart naar de mogelijkheden voor congestiemangement.

Zien wij op basis van uw interesseformulier mogelijkheden om met u samen te werken? Dan nemen we contact met u op.

Congestion Service Provider

U heeft al wel de mogelijkheid om u aan te sluiten bij een Congestion Service Provider (CSP).

Een CSP beheert 1 of meerdere klanten. Via de CSP kunt u uw flexibele vermogen aanbieden op de momenten dat de netbeheerders daarom vragen.

Een lijst met door TenneT erkende CSP is [hier](#) te vinden. [Lees meer over de CSP.](#)

Wat betreft:

Zijn er mogelijkheden voor het uitbreiden van het gecontracteerd transportvermogen om daarmee een stukje bij te dragen aan het congestiemangement? Helaas is dit op dit moment niet mogelijk.

Meer informatie?

Neem dan contact met mij op via congestiemangement@enexis.nl

Wilt u op de hoogte blijven van de ontwikkelingen rond congestiemangement? Lees dan verder op [onze website](#).

Meer informatie over uw Enexis account vindt u op [Mijn Enexis Zakelijk](#).

In onze [privacyverklaring](#) staat hoe Enexis Netbeheer persoonsgegevens verwerkt.

Met vriendelijke groet,

Auke Wolters

Medewerker Congestiemangement

ENEXIS Netbeheer B.V. / Operations / Grootzakelijk / Postbus 856 / 5201 AW 's-Hertogenbosch / KvK-nummer 17131139

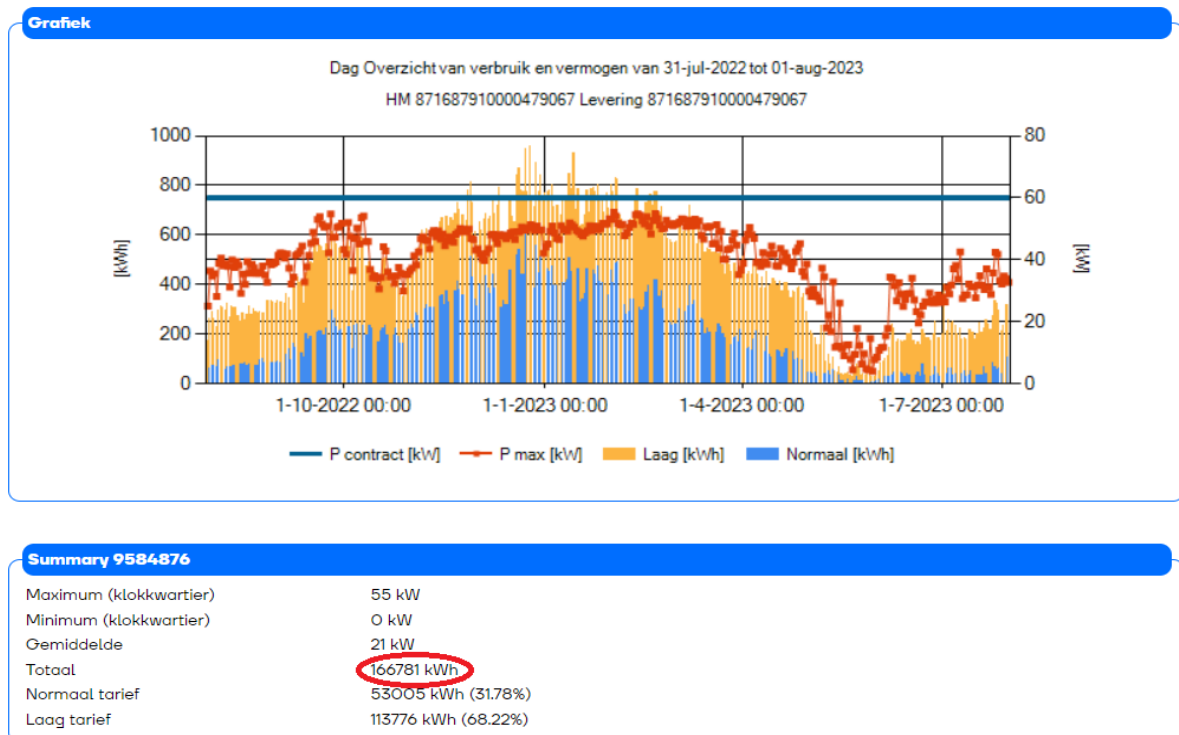
T Klantenservice 088 857 22 22 / E klantenservice.zakelijk@enexis.nl / www.enexis.nl/zakelijk / [Mijn Enexis Zakelijk](#)



Screenshot 1

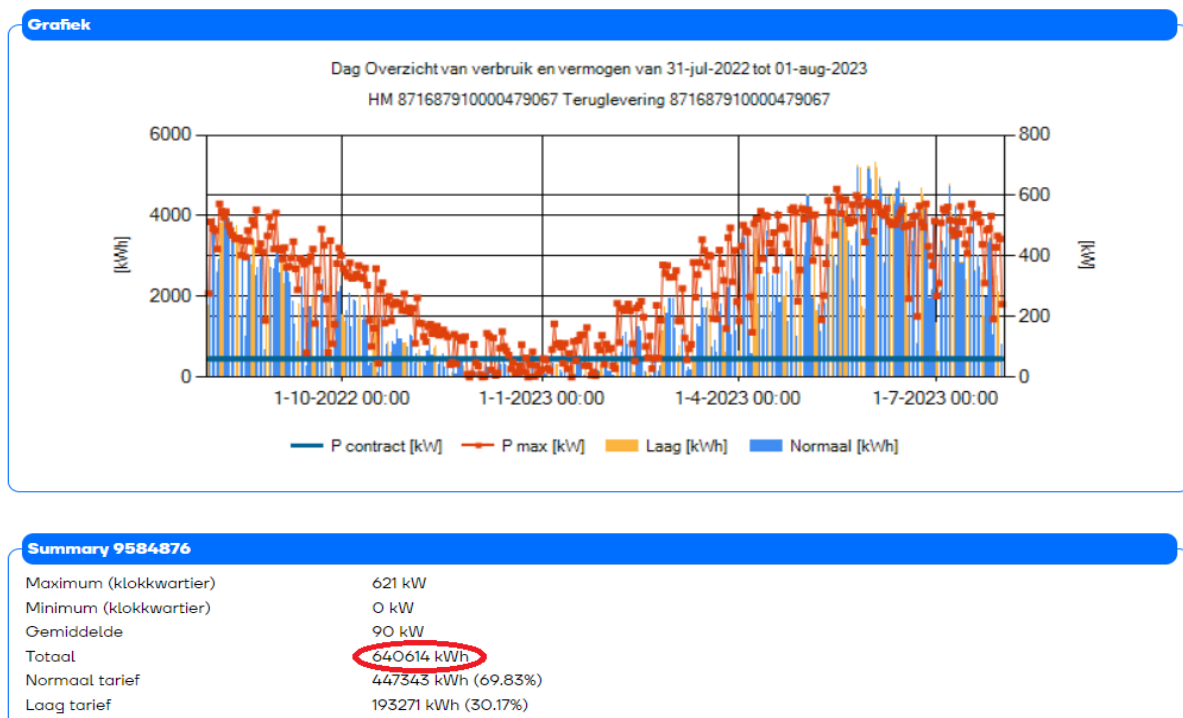
Persoonlijke email, ontvangen op 6 juli 2023

Bijlage 5



Screenshot 2
Persoonlijke gegevens, Engie

Bijlage 6



Screenshot 3
Persoonlijke gegevens, Engie

Bijlage 7

2.1 Tarieven transportdiensten (gecontracteerd transportvermogen t/m 1.500 kW)

| Transportcategorie op basis van het gecontracteerd transportvermogen | Vastrecht transportdienst €/jaar | Gecontracteerd vermogen €/kW/jaar | Maximaal vermogen €/kW/maand | Blind-verbruik €/kVArh | kWh normaal verbruik €/kWh | kWh laag verbruik €/kWh |
|--|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | excl. btw | excl. btw | excl. btw | excl. btw | excl. btw | excl. btw |
| LS (contract vermogen t/m 50 kW) | € 18,00 | € 8,18 | - | € 0,0081 | € 0,0337 | € 0,0176 |
| MS/LS (contract vermogen meer dan 50 kW t/m 125 kW) | € 441,00 | € 22,74 | € 1,57 | € 0,0081 | € 0,0101 | € 0,0101 |
| MS-D (contract vermogen meer dan 125 kW t/m 1500 kW) | € 441,00 | € 13,57 | € 1,57 | € 0,0081 | € 0,0101 | € 0,0101 |

Afbeelding 1: Tarieven elektriciteit van Enexis Netbeheer

Bron: Enexis Netbeheer. (2021). Periodieke aansluit- en transporttarieven elektriciteit. Geraadpleegd op 11 augustus 2023, van <https://www.enexis.nl/-/media/downloads/tariefladen/tarieven-grootzakelijk/2022/tarieven-elektriciteit-voor-zakelijk-grootverbruik-vanaf-01072022-pdf.pdf>.

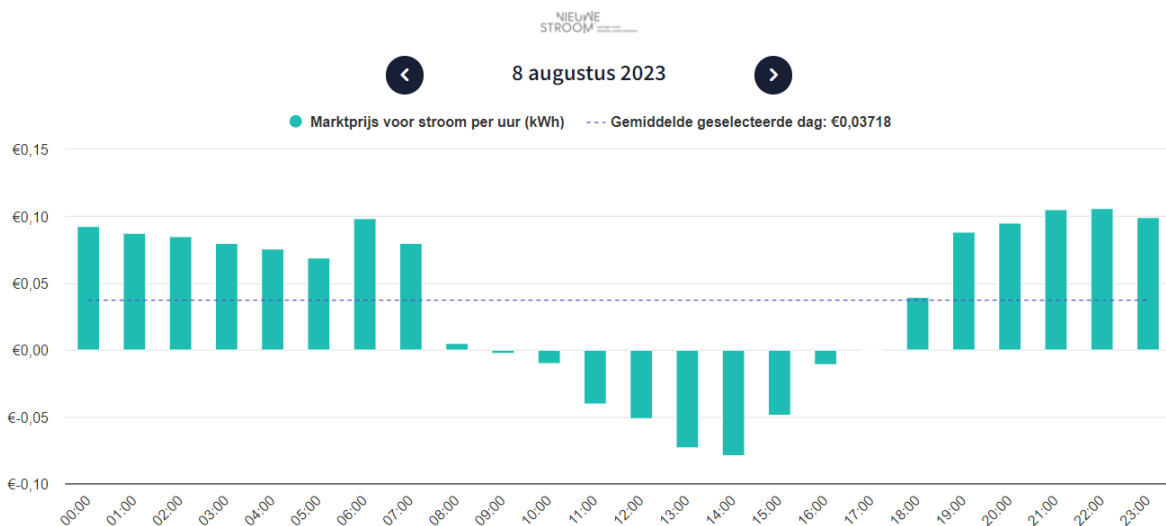
Bijlage 8

Tabel: Commodity op- / afslagen over de gerealiseerde (terug)levering in €/MWh

| Leveringsperiode | Power | Deelnemervergoeding per maand per aansluiting |
|------------------|-------|---|
| 2022 | 13,95 | 9,99 |
| 2023 | 13,95 | 9,99 |
| 2024 | 13,95 | 9,99 |
| 2025 | 13,95 | 9,99 |

Persoonlijk contract Engie 1

Bijlage 9



Afbeelding 2: EPEX-APX handelsbeurs Bron:

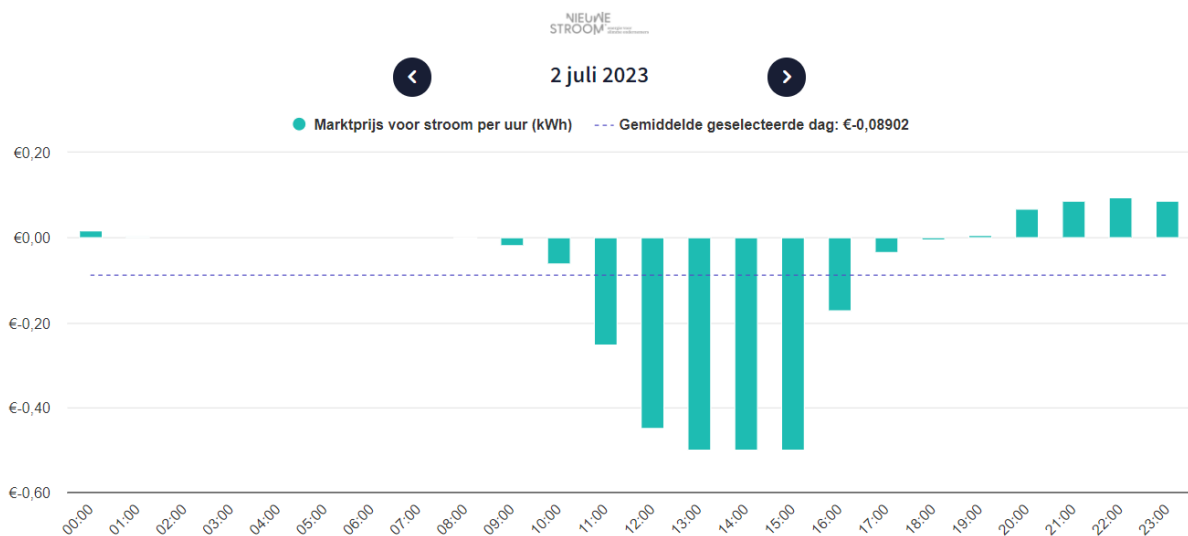
NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 10



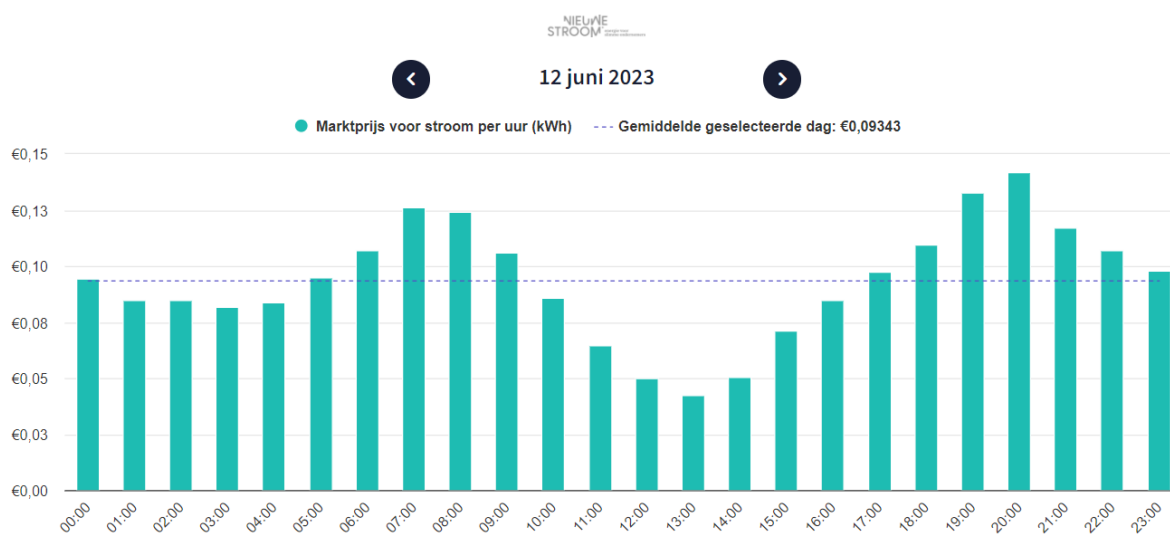
Afbeelding 3: EPEX-APX handelsbeurs Bron: NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 11



Afbeelding 4: EPEX-APX handelsbeurs Bron: NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 12



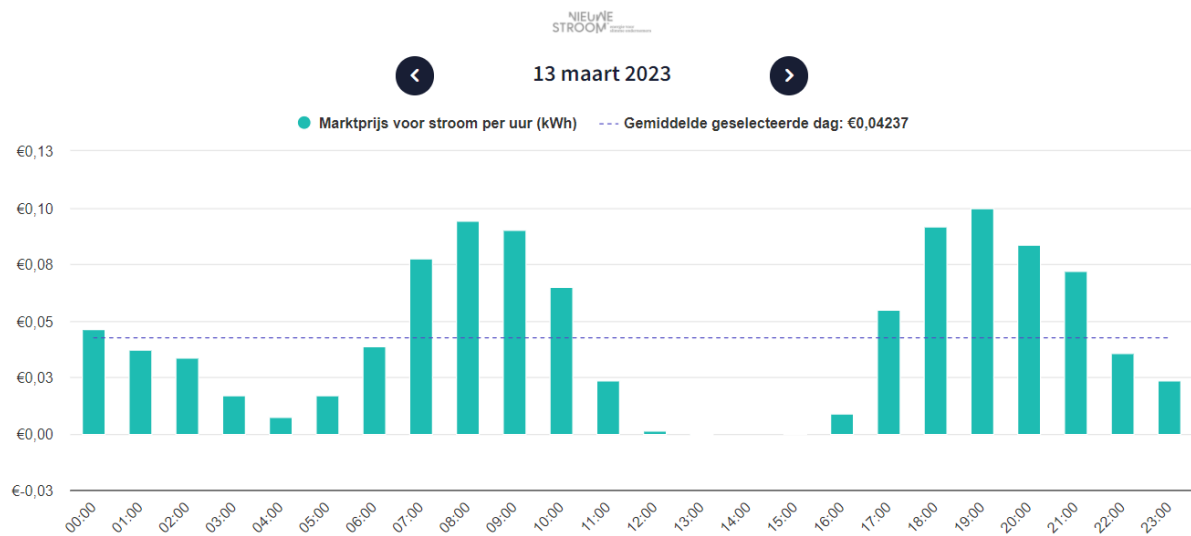
Afbeelding 5: EPEX-APX handelsbeurs Bron: NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 13



Afbeelding 6: EPEX-APX handelsbeurs Bron: NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 14



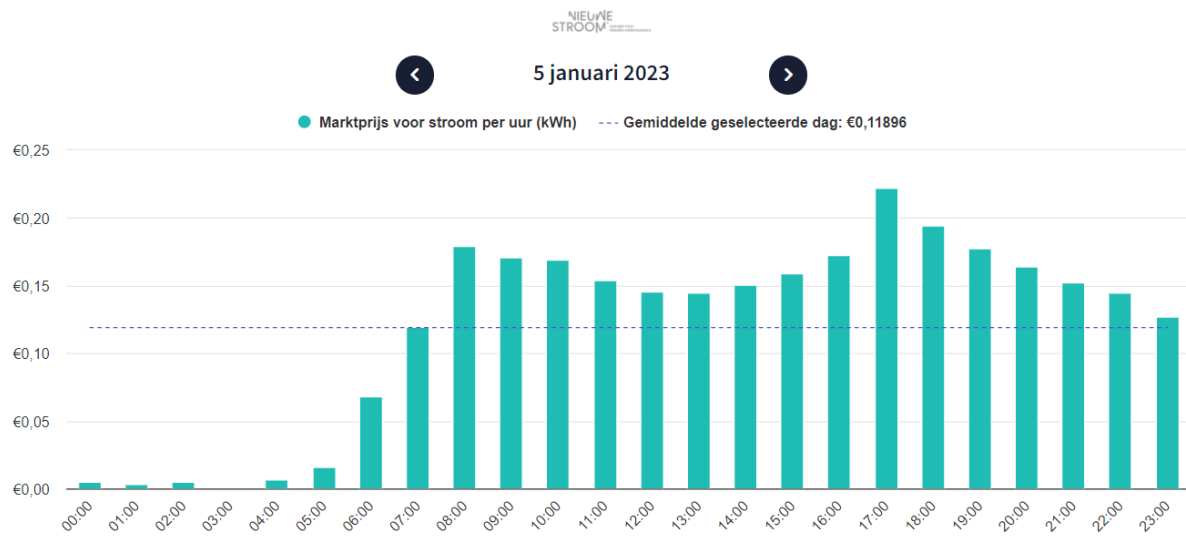
Afbeelding 7: EPEX-APX handelsbeurs Bron: NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 15



Afbeelding 8: EPEX-APX handelsbeurs Bron: NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 16



Afbeelding 9: EPEX-APX handelsbeurs Bron:

NieuweStroom. (z.d.). EPEX-APX handelsbeurs. Geraadpleegd op 21 maart 2023, van <https://nieuwestroom.nl/epex-apx-handelsbeurs/>

Bijlage 17

| Kosten Eigen opwek energie | | Energieopslagsysteem 500 kWh |
|--|----------|---------------------------------|
| Aanschafprijs: | € | 500.000,00 |
| Positionering systeem: | € | 5.000,00 |
| Vergunning: | € | 2.500,00 |
| Totaal energieopslagsysteem: | € | 507.500,00 |
| Vervangingswaarde: | € | 507.500,00 |
| Restwaarde 10%: | € | 50.750,00 |
| Economische levensduur (in jaren): | | 12 |
| Afschrijvingswaarde: $VW - RW : LD = AW$ | € | 38.062,50 |
| Rentepercentage: | | 3% |
| Gemiddelde Rentekosten: $AP + RW : 2 * RP$ | € | 15.986,25 |
| Onderhoud per jaar: | € | 7.025,00 |
| Deelname vergoeding aan net: | € | 119,88 |
| Jaarlijkse kosten aansluiting: | € | 1.126,00 |
| Vastrecht: | € | 441,00 |
| Verhoging gecontracteerd vermogen (83kW): | € | 1.126,00 |
| Kosten per jaar Financieel: | € | 54.048,75 |
| Totale kosten per jaar: | € | 63.886,63 |
| Totale kosten levensduur Energieopslagsysteem: | | € 766.639,56 |
| Baten Eigen opwek energie | | |
| Besparing eigen gebruik van energie per jaar: | | 9.177,19 |
| Totale besparing met Energieopslagsysteem per jaar: | € | 9.177,19 |
| Terugverdientijd in jaren (Totale kosten levensduur/ Totale besparing per jaar) | | 83,5 |

Tabel 10: Eigenwerk

Bijlage 18

| Kosten EPEX-Handelsmarkt | | Energieopslagsysteem 500 kWh |
|--|----------|------------------------------|
| Aanschafprijs: | € | 500.000,00 |
| Aansluiting verzwaren: | € | 35.000,00 |
| Positionering systeem: | € | 5.000,00 |
| Vergunning: | € | 2.500,00 |
| Totaal energieopslagsysteem: | € | 542.500,00 |
| Vervangingswaarde: | € | 542.500,00 |
| Restwaarde 10%: | € | 54.250,00 |
| Economische levensduur (in jaren): | | 12 |
| Afschrijvingswaarde: $VW - RW : LD = AW$ | € | 40.687,50 |
| Rentepercentage: | | 3% |
| Gemiddelde Rentekosten: $AP + RW : 2 * RP$ | € | 17.088,75 |
| Onderhoud per jaar: | € | 7.025,00 |
| Deelname vergoeding aan net: | € | 119,88 |
| Jaarlijkse kosten aansluiting: | € | 1.126,00 |
| Vastrecht: | € | 441,00 |
| Verhoging gecontracteerd vermogen (630kW): | € | 8.549,00 |
| Kosten per jaar Financieel: | € | 57.776,25 |
| Totale kosten per jaar: | € | 75.037,13 |
| Totale kosten levensduur Energieopslagsysteem: | € | 900.445,56 |
| Baten EPEX-Handelsmarkt | | |
| Inkomsten EPEX-Handelsmarkt per jaar: | € | 25.705,13 |
| Totale besparing met Energieopslagsysteem per jaar: | € | 25.705,13 |
| Terugverdientijd in jaren (Totale kosten levensduur/ Totale besparing per jaar) | | 35,0 |

Tabel 11: Eigenwerk

Bijlage 19

| Kosten Onbalansmarkt (FCR) | | Energieopslagsysteem 500 kWh | |
|--|----------|------------------------------|-------------|
| Aanschafprijs: | € | 500.000,00 | |
| Aansluiting verzwaren: | € | 35.000,00 | |
| Positionering systeem: | € | 5.000,00 | |
| Vergunning: | € | 2.500,00 | |
| Totaal energieopslagsysteem: | € | 542.500,00 | |
| Vervangingswaarde: | € | 542.500,00 | |
| Restwaarde 10%: | € | 54.250,00 | |
| Economische levensduur (in jaren): | | | 12 |
| Afschrijvingswaarde: VW-RW:LD=AW | € | 40.687,50 | |
| Rentepercentage: | | | 3% |
| Gemiddelde Rentekosten: AP+RW:2*RP | € | 17.088,75 | |
| Onderhoud per jaar: | € | 7.025,00 | |
| Deelname vergoeding aan net: | € | 119,88 | |
| Jaarlijkse kosten aansluiting: | € | 1.126,00 | |
| Vastrecht: | € | 441,00 | |
| Verhoging gecontracteerd vermogen (630kW): | € | 8.549,00 | |
| Kosten per jaar Financieel: | € | 57.776,25 | |
| Totale kosten per jaar: | € | 75.037,13 | |
| | | | |
| Totale kosten levensduur Energieopslagsysteem: | € | 900.445,56 | |
| | | | |
| Baten Onbalansmarkt (FCR) | | | |
| Inkomsten Onbalansmarkt per jaar: | € | 87.500,00 | |
| Totale besparing met Energieopslagsysteem per jaar: | € | 87.500,00 | |
| | | | |
| Terugverdientijd in jaren (Totale kosten levensduur/ Totale besparing per jaar) | | | 10,3 |