

ENERGIENEUTRAAL KETEN SLUISDEUR



‘Goese Sas’

Auteur : Joscelin van Houdt
Adres : Cromvliet 16
4694 BA THOLEN
E-mail : joscelin.vanhoudt@student.hu.nl
Telefoonnr. : 06 - 10 07 48 47
Studentnr. : 1649397
Opleiding : Civiele Techniek, duaal
Cursuscode : TCIT-L14AFO-15

Energie neutraal keten sluisdeur 'Goese Sas'

Hoe ziet het energie neutraal keten van de sluisdeur eruit, de energie die benodigd is voor realisatie, gebruik en onderhoud

Scriptie

Status	Definitief
Auteur	J.J.W. van Houdt
Onderwijsinstelling	Hogeschool Utrecht Padualaan 99 3584 CH Utrecht
Opleiding	Civiele Techniek
Afstudeerbegeleiders	
1 ^e	ing. M. Sharout
2 ^e	dr. ir. J.A.M. Stuifbergen
Bedrijfsbegeleider	ing. R. Koops
Opdrachtgever	Gemeente Goes Afdeling Openbare ruimte M.A. de Ruijterlaan 2 4461 GE Goes Tel. 0113 – 249964
Afstudeerbedrijf	Sweco Nederland B.V. Middelburg, 29 mei 2017

Titel : Energie neutraal keten sluisdeur 'Goese Sas'

Subtitel : Hoe ziet het energie neutraal keten van de sluisdeur eruit, de energie die benodigd is voor realisatie, gebruik en onderhoud

Scriptie

Referentienummer : Scriptie

Revisie : 0

Datum : 29 mei 2017

Auteur : J.J.W. van Houdt

E-mail adres : joscelin.vanhoudt@sweco.nl

Gecontroleerd door : ing. R. Koops

Paraaf gecontroleerd :



Goedgekeurd door : ing. M. Sharout en dr. ir. J.A.M. Stuifbergen

Paraaf goedgekeurd
1^e afstudeerbegeleider :

2^e afstudeerbegeleider :

Contact : Sweco Nederland B.V.
Buitenruststraat 225
4337 ER Middelburg
Tel. +31 88 811 66 00
www.sweco.nl

Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Summary.....	5
1 Inleiding.....	6
1.1 Aanleiding.....	6
1.2 Probleemanalyse	7
1.3 Probleemstelling	8
1.4 Doelstelling	8
1.5 Centrale onderzoeksvraag	8
2 Theoretisch kader.....	9
2.1 Achtergrondinformatie sluis 'Goese Sas'	9
2.2 Energienutraal keten sluisdeur	11
2.3 Duurzame energie	12
2.5 Materiaalsoort sluisdeur	15
3 Onderzoeksmethode	16
3.1 Werkwijze	16
3.1 Stroomschema onderzoek	18
3.2 Deelvraag 1 – Waaruit bestaat huidig keten sluisdeur 'Goese Sas'?	20
3.3 Deelvraag 2 – Wat is het energieverbruik binnen huidig keten sluisdeur?	20
3.4 Deelvraag 3 – Heeft wijziging materiaalsoort effect op energieverbruik?	21
3.5 Deelvraag 4 – Wat is het effect van energiebron op energieverbruik	21
keten sluisdeur?	21
4 Resultaten.....	22
4.1 Deelvraag 1 - Waaruit bestaat het huidig keten sluisdeur 'Goese Sas'?	22
4.2 Deelvraag 2 - Wat is het energieverbruik binnen huidig keten sluisdeur?.....	23
4.2.1 Energieverbruik realisatie sluisdeur	24
4.2.2 Energieverbruik gebruik sluisdeur	25
4.2.3 Energieverbruik onderhoud sluisdeur	26
4.3 Deelvraag 3 - Heeft wijziging materiaalsoort effect op energieverbruik?.....	27
4.4 Deelvraag 4 – Wat is het effect van energiebron op energieverbruik keten	31
sluisdeur?.....	31
4.4.1 Getijdenenergie.....	31
4.4.2 Windenergie	35
4.4.3 Zonne-energie	40

5	Conclusie.....	47
5.1	Deelvraag 1 – Waaruit bestaat huidig keten sluisdeur 'Goese Sas'?	47
5.2	Deelvraag 2 – Wat is het energieverbruik binnen huidig keten sluisdeur?	47
5.3	Deelvraag 3 - Heeft wijziging materiaal soort effect op energieverbruik?.....	48
5.4	Deelvraag 4 – Wat is het effect van energiebron op energieverbruik	49
5.5	Slotconclusie	51
6	Aanbeveling	52
	Bronnenlijst.....	53

Voorwoord

Voor u ligt mijn scriptie in het kader van de duale Hbo-opleiding civiele techniek aan de Hogeschool Utrecht. In dit onderzoek wordt de mogelijkheid naar het energieneutraal keten van de sluisdeur 'Goese Sas' onderzocht. Sinds 2009 ben ik werkzaam bij het advies en ingenieursbureau Sweco. Ik wil hun bedanken voor de ruimte die mij geboden is om deze opleiding te mogen volgen. Speciale dank gaat daarbij uit naar de heer R. Koops, mijn bedrijfsbegeleider en projectmanager innovatieve projecten bij Sweco Nederland B.V. Hij heeft mij gedurende de opleiding namens het bedrijf begeleidt. Mijn dank gaat ook uit naar mijn afstudeerbegeleiders vanuit de Hogeschool Utrecht mevrouw M. Sharout en de heer J. Stuifbergen. Ik wil hen bedanken voor hun adviezen en mooie momenten van discussie.

Samenvatting

Door de vastgestelde energie- en klimaatdoelstelling binnen Europa om in 2050 energieneutraal te zijn, is het voor de hele samenleving maar met name voor bedrijven een uitdaging hieraan mee te werken. Binnen Sweco Nederland B.V. is er een samenwerkingsverband opgezet tussen overheid, opleidingsinstituten en ondernemers in Zeeland om kennis en ervaringen te delen met betrekking tot energieneutrale infrastructuur. Hieruit voortkomend dient het project, renovatie van de sluis 'Goese Sas' van de gemeente Goes, als pilot. Met als doel kennis en inzicht te krijgen in het proces naar een energieneutraal keten van de sluisdeur 'Goese Sas'. De hoofdvraag hierbij is hoe een energieneutraal keten van de sluisdeur eruit ziet binnen realisatie-, gebruik- en onderhoudsproces.

Om op deze vraag antwoord te kunnen geven zal eerst het huidige keten van de sluisdeur in kaart gebracht moeten worden, waarbij materiaalsoort van de sluisdeur, gebruik energiebron en het energieverbruik binnen het huidige keten als basis dienen voor het verdere onderzoek. Vervolgens zijn de eigenschappen en toepasbaarheid van andere materiaalsoorten voor de sluisdeur in kaart gebracht. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar mogelijk andere energiebronnen die toepasbaar zijn bij de sluisdeur 'Goese Sas', zoals getijden-, wind- en zonne-energie. Tenslotte heeft er per materiaalsoort en energiebron een toetsing plaats gevonden van het effect van verandering materiaalsoort en energiebron op het energieverbruik van de keten sluisdeur 'Goese Sas'.

Uit de resultaten bleek dat de verandering van materiaal staal naar composiet binnen de termijn van 2021 – 2086 een vermindering van 19% energieverbruik laat zien en bij hout een stijging van 40% energieverbruik. Voor de verandering van energiebron binnen het keten van de sluisdeur 'Goese Sas' bij verandering in composiet geldt dat met zonne-energie 19% in energieverbruik afneemt, met windenergie 12% verminderd in energieverbruik en met getijdenenergie middels waterturbine 6% energieverbruik afneemt.

Hiermee is aangetoond dat het vervangen van de huidige sluisdeur door composiet en het opwekken van de benodigde energiebehoefte met behulp van duurzame energiebron het begin kan zijn van een energieneutraal keten voor de sluisdeur 'Goese Sas'. Hierbij is het van groot belang dat alle betrokken ketenpartners een bijdrage leveren aan het verminderen van energieverbruik binnen het keten sluisdeur 'Goese Sas'. Mede daardoor kan er een energieneutraal keten van de sluisdeur 'Goese Sas' ontstaan. Voor het optimaal energieneutraal laten verlopen van de sluis 'Goese Sas' zal er vervolgonderzoek plaats moeten vinden op het energieneutraal maken van het keten sluiscomplex 'Goese Sas'.

Summary

Due to the established energy and climate target in Europe to be energy neutral in 2050, it is a challenge for the whole society, but especially for companies. Inside Sweco The Netherlands B.V. A partnership has been established between government, training institutes and entrepreneurs in Zeeland to share knowledge and experiences regarding energy-neutral infrastructure. As a result, the project, renovation of the Goese Sas sluice of the municipality of Goes, serves as a pilot. With the aim of gaining knowledge and insight into the process of an energy-neutral chain of the sluice door 'Goese Sas'. The main question here is how a power-neutral circuit of the lock door looks in the realization, use and maintenance process.

In order to answer this question, the current door of the lock door must first be mapped, using the type of door of the door, using the power source and the energy consumption within the current circuit as the basis for further investigation. Subsequently, the properties and applicability of other material types for the lock door are mapped. In addition, research has been carried out on possible other energy sources that are applicable to the sluice door 'Goese Sas', such as tidal, wind and solar energy. Finally, there was a test of the effect of change of material and energy source on the energy consumption of the "sluice door" Goese Sas chain by material type and energy source.

The results showed that the change of material from steel to composite shows a reduction of 19% energy consumption in the 2021-2086 period and a 40% increase in energy consumption in wood. For the change of energy source within the gateway of the gateway 'Goese Sas' with change in composite, solar energy consumes 19% in energy consumption, wind energy reduces 12% in power consumption and with tidal energy through water turbine 6% energy consumption decreases.

It has been demonstrated that the replacement of the current sliding door through composite and the generation of the required energy demand using renewable energy sources can be the beginning of an energy neutral chain for the sluice door 'Goese Sas'. In this respect, it is very important that all involved chain partners contribute to reducing energy consumption within the chain "Goese Sas". This could lead to an energy-neutral chain of the sluice door "Goose Sas". For the optimum energy-neutral running of the sluice "Goose Sas", there will be a further investigation into the energy neutralization of the chain of complex "Goese Sas".

1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de probleemanalyse, probleemstelling, centrale onderzoeksvraag en de leeswijzer. Het tweede hoofdstuk van deze scriptie omvat het *'theoretisch kader'* waarin een overzicht wordt gegeven van het literatuuronderzoek. Vervolgens wordt het onderzoeksonderwerp gesproken in hoofdstuk *'onderzoeksmethode'*. De *'resultaten'* van het onderzoek worden beschreven in hoofdstuk 4. Hierna volgt de interpretatie in het hoofdstuk *'discussie'*. Tenslotte volgen de *'conclusies en aanbevelingen'* in hoofdstuk 6. In de conclusies worden antwoorden gegeven op de onderzoeksvragen en komen aanbevelingen naar aanleiding van de conclusies van het onderzoek aan bod.

1.1 Aanleiding

Europa heeft de ambitie om in 2050 energieneutraal te zijn. Nederland volgt deze ambitie en wil ook in 2050 energieneutraal zijn. Diverse provincies en gemeenten zijn ambitieuzer en willen eerder energieneutraal zijn, de ambities lopen uiteen van 2020 tot 2050.

De doelstelling voor de Europese Unie is 20% hernieuwbare energie creëren en is daardoor op weg de energie- en klimaatdoelstellingen voor 2020 te halen.

In Nederland is het aan de overheid hier meer gehoor aan te geven en de samenleving te prikkelen zodat de markt in beweging gaat komen.

Binnen Sweco Nederland B.V. is een sustainable living lab¹ opgezet tussen Overheid, Opleidingsinstituten en Ondernemers in de provincie Zeeland. Dit samenwerkingsverband biedt de mogelijkheid om kennis te delen en aanbod van pilotprojecten in te zetten op weg naar een energieneutrale infrastructuur.

Binnen dit samenwerkingsverband is de renovatie van de sluis 'Goese Sas' als pilotproject ingezet door de gemeente Goes. De totale opdracht is het onderzoeken van mogelijkheden om een energieneutraal keten binnen de renovatie van de sluis te creëren.

Dit onderzoek is een onderdeel van de totale opdracht en bestaat uit het *'energie neutraal keten van de sluisdeur, de energie die benodigd is voor realisatie, gebruik en onderhoud'*.

Daarbij wordt onderzoek gedaan naar toepassingsmogelijkheden van een ander materiaalsoort voor de sluisdeur die de energieneutraliteit zal bevorderen. De gemeente Goes heeft aangegeven dat het vervangen van de sluisdeur door een ander materiaalsoort alleen zal worden toegepast mits dit geen bijkomende constructieve aanpassingen benodigd aan het huidige sluishoofd en hang- bewegingsmechanisme van de sluisdeur. Waar mogelijk is gewenst regionale organisaties als ketenpartners te betrekken binnen het energieneutraal keten van de sluisdeur.

¹ Samenwerkingsverband met centraal duurzaamheid

1.2 Probleemanalyse

Door de vastgestelde energie- en klimaatdoelstellingen binnen Europese Unie is het aan de overheid binnen Nederland hier meer gehoor aan te geven en de samenleving te prikkelen zodat de markt in beweging gaat komen. Het is voor de gemeente Goes de taak om zijn CO2 footprint te verlagen binnen zijn gemeente.

Het verlagen van de CO2-footprint binnen de gemeente gaat veel breder dan de benodigde energie binnen de civiele projecten. Binnen dit onderzoek ligt de focus op benodigde energie binnen de civiele techniek.

De benodigde energie wordt nu opgewekt door middel van fossiele brandstof. Deze fossiele brandstof dient vervangen te worden door duurzame energie. Het is aan de ketenpartner om zijn benodigde energie binnen het keten van de sluisdeur op te wekken met behulp van een duurzame energiebron.

Afbakening

Onderwerp

Energie neutraal keten sluisdeur 'Goese Sas'

Deelonderwerp

Energie die benodigd is voor realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur

Plaats

De sluisdeur van de sluis 'Goese Sas'

Relatie

De huidige sluisdeur is van staal. Naast dit materiaalsoort wordt binnen dit onderzoek bekeken of het materiaalsoort of er een relatie bestaat tussen materiaalsoort en het neutraliseren van energie binnen het keten van de sluisdeur. Betreffende de benodigde energie bij realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur.

Periode

Bij de materiaalsoorten wordt het energieverbruik ten behoeve van realisatie, gebruik en onderhoud vergeleken vanaf 2021 tot 2086 (einde levensduur huidige sluisdeur). Als uitgangspunt is dat het jaar 2021, het jaar waarin het eerstvolgende onderhoud (conservering) plaats zal vinden van de huidige stalen sluisdeur.

Categorie

Binnen het onderzoek worden getijden-, wind- en zonne-energie als een mogelijkheid voor opwekking van duurzame energie meegenomen.

Als vergelijking van een toe te passen materiaalsoort voor de sluisdeur worden de materialen composiet en hout en staal meegenomen binnen het onderzoek.

Wanneer dit onderzoek antwoord geeft op de vraagstukken kan dit leiden tot een totaal energieneutraal infrastructuur. Wanneer de aanpak van het proces naar een energieneutraal keten binnen dit onderzoek werkt, kan dit onderzoek als voorbeeld dienen bij een overheidsinstelling met betrekking tot de aanpak naar een energieneutraal keten binnen haar infrastructuur.

Wanneer dit onderzoek gedeeltelijk of geen antwoord geeft op de vraagstukken dan kan dit onderzoek mogelijk als basis dienen voor een vervolgonderzoek. Geen antwoord op de vraagstukken geeft daarmee niet direct een oplossing voor een energieneutraal keten van de sluisdeur 'Goese Sas'. Daarmee zal voor de gemeente Goes een vervolg onderzoek moeten plaats vinden om te kijken hoe dan te komen tot een energieneutrale keten van de sluisdeur.

1.3 Probleemstelling

Organisaties voelen zich nog niet verplicht om hun businesscase aan te passen naar de energie- en klimaatdoelstellingen voor een energieneutraal Europa in 2015 zoals deze zijn vastgesteld in de Klimaatconferentie Parijs 2015 (COP21). Er worden wel stelselmatig veranderingen binnen organisaties aangebracht, zoals intrede van de CO2-prestatieladder.

1.4 Doelstelling

Het onderzoek heeft tot doel het verkrijgen van kennis en inzicht in het proces naar een energieneutraal keten van de sluis 'Goese Sas'. Zodat mogelijk een bijdrage kan worden geleverd aan een energieneutrale infrastructuur en daarbij het onderzoek als voorbeeld dient in het proces naar het energieneutraal keten binnen projecten.

1.5 Centrale onderzoeksvraag

Wat is nodig om het energieverbruik binnen het huidige keten van de sluisdeur aan te passen zodat de gemeente Goes met deze sluis bij kan dragen aan een energie neutrale infrastructuur in 2030. De bijbehorende centrale vraag luidt:

Hoe ziet het energieneutraal keten van de sluisdeur eruit, de energie die benodigd is voor realisatie, gebruik en onderhoud

2 Theoretisch kader

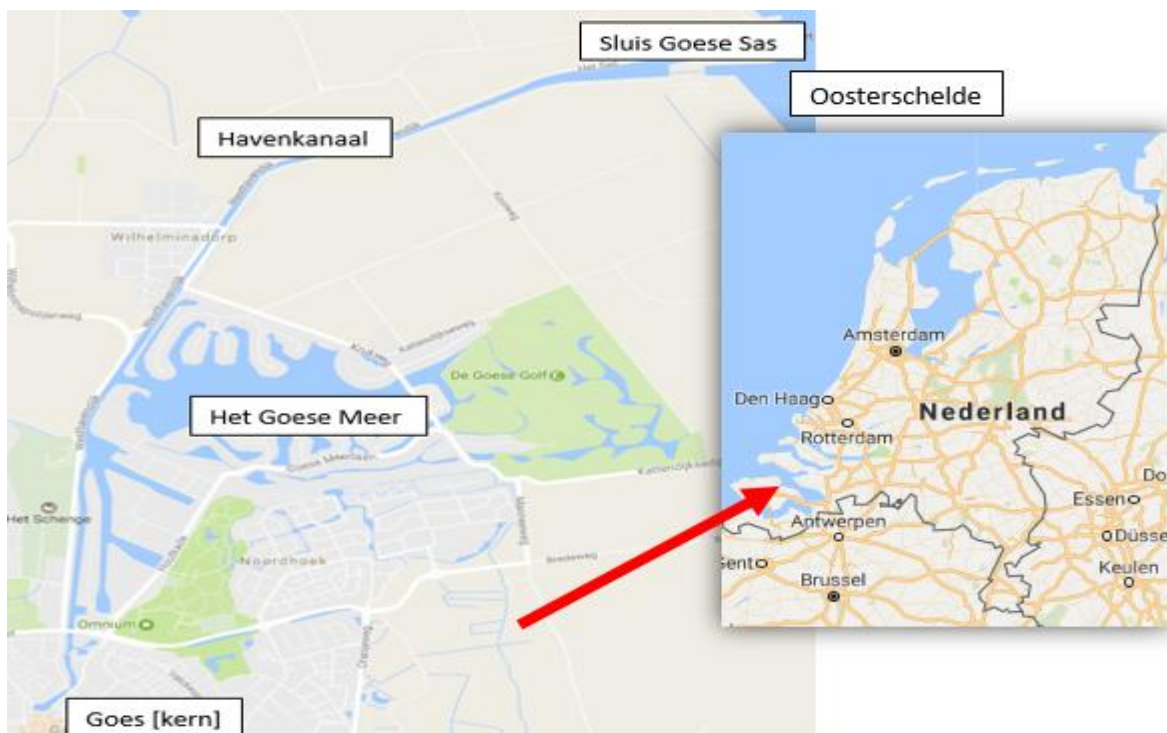
Binnen het theoretisch kader zijn de kernbegrippen, theorieën en invalshoeken beschreven. Verder bevat het theoretisch kader achtergrondinformatie die als basis dient bij het onderzoek.

2.1 Achtergrondinformatie sluis 'Goese Sas'

Met de komst van de stormvloedkering in de Oosterschelde heeft gemeente Goes in 1979 toestemming gekregen van het ministerie van Verkeer en Waterstaat om een nieuwe schutsluis als aanpassingswerk in het kader van de Delta wet te bouwen. Door het getijde in de Oosterschelde kwam de haven in Goes bij eb droog te liggen. Dit belemmerde de scheepvaart. De huidige sluis is in 1986 gebouwd met de ontwikkelingsplannen van o.a. 'Het Goese Meer' werd een stabiel waterpeil wel een vereiste. Daarmee is de nieuwe sluis dan ook een schutsluis geworden. De schutsluis zorgt dat het waterpeil op niveau kan blijven in het havenkanaal en het daarachter gelegen watergebied zoals de haven van Goes en 'Het Goese Meer'. De schepen worden door middel van het schutten geleidelijk van het ene waterniveau naar het andere gebracht.

De sluis 'Goese Sas' is gelegen binnen de gemeente Goes ten noorden van de plaats Goes aan de uitmonding van het havenkanaal op de Oosterschelde. De sluis biedt de enige mogelijkheid om over het water Goes te benaderen.

De sluis 'Goese Sas' maakt onderdeel uit van het totale watersysteem tussen de Oosterschelde en het Havenkanaal met uitloop naar Het Goese Meer en haven van Goes. De afbeelding hieronder geeft een overzicht van het totale watersysteem waar de sluis onderdeel van uit maakt.

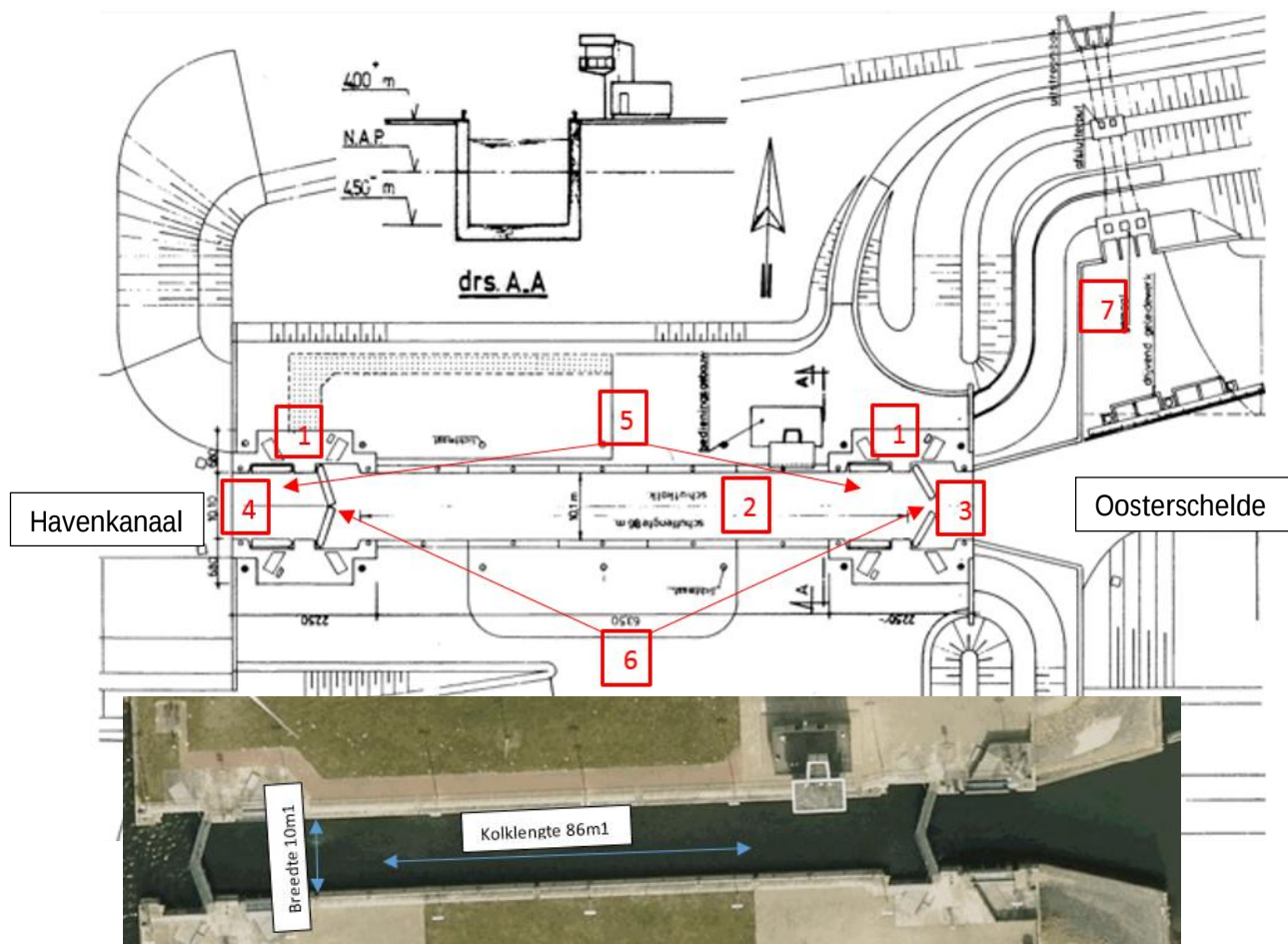


Afbeelding: locatie Sluis 'Goese Sas'

Hieronder een afbeelding met daarop het overzicht van het sluiscomplex sluis 'Goese Sas'. Het Havenkanaal bevindt zich aan de linkerzijde van de sluis. En aan de rechterzijde is de Oosterschelde. De richting van puntdeur wijst altijd naar het hoogste waterpeil.

De schutssluis bestaat uit de volgende onderdelen:

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Sluishoofdkelder | 4. Binnen sluishoofd |
| 2. Sluiskolk | 5. Ebdeur |
| 3. Buiten sluishoofd | 6. Vloeddeur |
| | 7. Gemaal |



Afbeelding: Overzicht Sluis 'Goese Sas'

Waterstanden²:

- | | |
|-----------------|---------------------|
| - Havenkanaal | gem. NAP +1.30 m |
| - Oosterschelde | G.H.W. NAP + 1.63 m |
| | G.L.W. NAP – 1.57 m |

Binnen het onderzoek energieneutraal keten sluisdeur gaat het om de onderdelen [5] ebdeur en [6] vloeddeur van het totale sluiscomplex.

² Bron: Gemeente Goes

2.2 Energienutraal keten sluisdeur

Het begrip energienutraal is evenveel energie gebruiken als dat er zelf wordt opgewekt. Het energienutraal keten van de sluisdeur houdt in dat alle benodigde energie binnen het keten van sluisdeur zelf wordt opgewekt. Het keten van de sluisdeur zijn alle betrokken partijen binnen de ketenfase realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur. Binnen dit onderzoek valt onder de benodigde energie bij de ketenpartners het elektriciteits-, gasverbruik en CO₂-uitstoot van materieel in relatie tot de sluisdeur.

Afbakening realisatie

Binnen de ketenfase realisatie huidige (stalen) sluisdeur valt te verstaan de energie die benodigd is vanaf de voorbereiding bij het advies- en ingenieursbureau van het project en stopt bij het afleveren van de afgedankte sluisdeur bij het verwerkingsbedrijf.

Advies- ingenieursbureau [voorbereiding]	Energie die benodigd is bij voorbereiding op het project, energieverbruik kantoor en mobiliteit
Advies- ingenieursbureau [directie & toezicht]	Energie die benodigd is bij voorbereiding op het project, energieverbruik kantoor en mobiliteit
Aannemer [uitvoering]	Energie die benodigd is voor uitvoering van het project, energieverbruik kantoor en mobiliteit
Fabrikant [productie]	Energie die benodigd is bij productie van sluisdeur (voortraject van productie grondstof valt hier buiten)
Verwerkingsbedrijf [grondstof]	Energie die benodigd is bij transport van oude sluisdeur naar verwerkingsbedrijf (verwerkingsproces valt hier buiten)

Afbakening gebruik

Binnen de ketenfase gebruik sluisdeur valt te verstaan de energie die benodigd is voor het in werking stellen van de sluisdeur. De sluisdeur wordt alleen in werking gesteld tijdens het schutproces.

Gemeente [gebruik sluisdeur]	Energie die benodigd is bij het in werking stellen, dan wel het openen en sluiten van de sluisdeur
------------------------------	--

Afbakening onderhoud

Het klein onderhoud is het jaarlijks opnemen van de status van de deur boven de waterlijn. Gezien deze opneming samen gaat met de opname van het totale sluizencomplex is de benodigde energie te verwaarlozen. Het groot onderhoud van de stalen sluisdeur bestaat uit het conserveren van de sluisdeur. De conservering vindt om de 15 jaar plaats. Daarmee wordt binnen de ketenfase onderhoud van de huidige (stalen) sluisdeur de energie meegenomen die benodigd is vanaf de voorbereiding bij het advies- en ingenieursbureau van het project en stopt bij terug inhangen van de geconserveerde sluisdeur in het sluishoofd.

Advies- ingenieursbureau [voorbereiding]	Energie die benodigd is bij voorbereiding van het onderhoudsproject, energieverbruik kantoor en mobiliteit
--	--

Advies- ingenieursbureau [directie & toezicht]	Energie die benodigd is bij coördinatie/ begeleiding van het onderhoudsproject, energieverbruik kantoor en mobiliteit
Aannemer [uitvoering]	Energie die benodigd is bij uitvoering van het onderhoudsproject, energieverbruik kantoor/ werf en mobiliteit
Metaalbedrijf [conservering sluisdeur]	Energie die benodigd is bij conservering sluisdeur, kantoor/ werf en mobiliteit

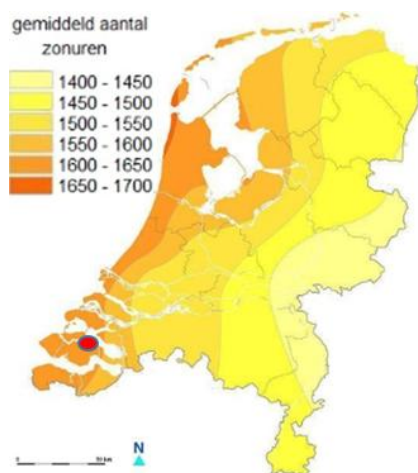
2.3 Duurzame energie

Duurzame energie³ is energie waarover de mensheid voor onbeperkte tijd kan beschikken en waarbij, door het gebruik ervan, het leefmilieu en de mogelijkheden voor toekomstige generaties niet worden benadeeld. Vormen van duurzame energie zijn:

- Zonne-energie
- Windenergie
- Bio-energie
- Energie uit water

Zonne-energie zet zonlicht om in elektriciteit. Dit is mogelijk met behulp van onder andere zonnepanelen. Zonne-energie is oneindig beschikbaar. Zonnepanelen stoten tijdens het gebruik geen CO₂ uit. Wel komt er CO₂ vrij tijdens de productie omdat daarbij fossiele brandstoffen worden gebruikt. De uitstoot tijdens de productie wordt met het gebruik van de zonnepanelen binnen drie jaar gecompenseerd. Zeeland kent de meeste zonuren in Nederland en daarmee is zonne-energie een interessante vorm van energie opwekken en is meegenomen in het onderzoek.

Zonnepanelen zetten zonlicht om in elektrische energie. In de afbeelding hieronder is te zien dat de locatie Goese Sas binnen de zone valt met jaarlijks gemiddeld 1600 tot 1650 zonuren.



Afbeelding: Bron: <http://www.e2energie.nl/jaaroverzicht-zonuren-2016>

³ Bron: https://nl.wikipedia.org/wiki/Duurzame_energie

Gegevens zonnepaneel:

- Levensduur zonnepaneel 20 – 30 jaar;
- Zonnepanelen 100% recyclebaar, PV recycle⁴. Een zonnecel bestaat voornamelijk uit silicium;
- Onderhoudsvrij: zonnepanelen hebben geen mechanische delen en daarmee vrijwel geen slijtage.

De windturbine 'Goese Sas' als referentie voor het opwekken van windenergie op locatie. De opbrengst van de windenergie is opgevraagd bij de coöperatieve vereniging Zeeuwind en is opgenomen in bijlage A.4.

Windenergie wordt opgewekt met behulp van een windturbine. Door de kracht van de wind wordt de generator aangedreven tijdens het draaien van de rotorbladen die vervolgens elektriciteit opwekt. Wind is een eindeloze bron. Met het bouwen, onderhouden en afbreken van de windturbine komt er CO₂ vrij door het gebruik van fossiele brandstoffen. Met het gebruik van de windturbine is dit met drie tot zes maanden draaien al gecompenseerd. Zeeland vangt veel wind aan de kust en daarmee is windenergie meegenomen in het onderzoek.

De opbrengst van een windturbine wordt bepaald door:

- De hoeveelheid wind;
- De grootte van de rotorbladen (rotordiameter);
- De hoogte van de mast (ashoogte);
- Het vermogen van de generator.

*Bio-energie*⁵ is energie gewonnen uit organisch materiaal. Deze vorm van energie opwekken op locatie is niet relevant omdat dit een groot benodigde oppervlakte per energie-eenheid benodigd. Daarnaast is nog altijd de discussie of bio-energie wel duurzaam is. Enerzijds is duurzaamheid en milieuvriendelijkheid lastig te meten. Anderzijds zijn er veel verschillende vormen van energie uit biomassa, met specifieke effecten. Daarmee is bio-energie verder niet meegenomen in dit onderzoek.

Energie uit water is energie gewonnen uit water. In Nederland kennen we:

- Golfslagenergie – de beweging van de golven van de zee wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken; De methode van energieopwekking is niet lokaal mogelijk bij de sluis in verband met beperkte golfslag en daarmee geen continuïteit van opwekking gegarandeerd. Deze vorm van energie opwekken wordt niet mee genomen binnen dit onderzoek.
- Blauwe energie – is de energie die kan worden gewonnen door het verschil in zoutconcentratie tussen zeewater en zoetwater; Lokaal alleen zoutwater aanwezig. Deze vorm van lokaal energie opwekken biedt geen mogelijkheden en wordt daarmee niet meegenomen in dit onderzoek.
- Getijdenenergie – de verschillen in waterhoogte van de getijden worden via turbines in elektrische energie omgezet; Oosterschelde kent getijden. Energie opwekken uit getijden is voorspelbaar omdat getijden zich blijft herhalen. Energie opwekken uit getijden is lokaal bij de sluis niet mogelijk. De sluis kent geen omloopriool en laat zijn

⁴ Bron: <http://www.btduurzaam.nl/artikel/pv-cycle/>

⁵ Bron: <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/biomassa/>

water via de sluiskolk in en uit door de schuif in de sluisdeur. Daarmee ontstaat een kortstondige stroomversnelling van water tijdens het schutproces. Deze stroomversnelling biedt geen continuïteit in opwekking van energie. Aan de Oosterscheldekering wordt energie opgewekt uit getijden door middel van een waterturbine in één van de doorlaten van de waterkering. Met de toegepaste Tocardo waterturbine is het mogelijk om de stroming bij zowel eb als vloed te benutten voor het opwekken van energie uit water.

Deze vorm van duurzame energie met de Tocardo⁶ turbine aan de Oosterscheldekering als referentie wordt meegenomen binnen dit onderzoek.



Afbeelding: Tocardo waterturbine Oosterscheldekering

Gegevens waterturbine Oosterscheldekering:

- Tocardo turbine type T2
- Rotor diameter is 10m
- Vermogen turbine T2 is 250kW
- 5 stuks geïnstalleerd, 1250 kW
- Turbine gaat 20 jaar met 5 jaar onderhoudsintervallen
- De 5 turbines wekken samen 1,25 GWh/ jaar aan stroom op.

Relatie tussen energieneutraal keten sluisdeur en duurzame energie

De benodigde energie binnen het keten van de sluisdeur 'Goese Sas' dient zelf opgewekt te worden. De energiebehoefte van de ketenpartner in relatie tot de sluisdeur dient de partner zelf met duurzame energie op te wekken. Daarmee is het effect binnen het keten van de sluisdeur over meerdere organisaties uitgespreid. Met deze aanpak wordt een bijdrage geleverd die een breder effect heeft op energieneutraliteit dan alleen de infrastructuur. De ketenpartner wordt bewust gemaakt van zijn benodigde energie en wordt geprikkeld om deze duurzaam op te wekken.

Benodigde energie ketenpartner

- Elektriciteitsverbruik uitgedrukt in kWh
- Gasverbruik uitgedrukt in m³
- Brandstof uitgedrukt in liter

Investeren in duurzame energie

Investeren in duurzame energie binnen de regio. Door Certificaten van Oorsprong (CvO)⁷ te kopen wordt er geïnvesteerd in opwekking van duurzame energie. Daarmee kan de benodigde energie worden opgeheven tegen de opgewekte duurzame energie, door voldoende certificaten te kopen. Om te bewijzen dat de geleverde energie daadwerkelijk

⁶ Bron: <https://www.zwdelta.nl/projecten/pilot-getijdenenergie-oosterscheldekering>

⁷ Bron: <http://www.certiq.nl/zakelijk/>

duurzaam is opgewekt kan Garanties van Oorsprong worden aangevraagd als bewijs voor milieubewuste energieproductie (GvO's). De GvO's worden aangemaakt voor particuliere en zakelijke productie-installaties op basis van de Electriciteitswet 1998 en verschillende Ministeriële Regelingen.

2.5 Materiaalsoort sluisdeur

De huidige sluisdeur bestaat uit het materiaalsoort staal. Naast staal zijn er ook andere materiaalsoorten die toegepast worden voor een sluisdeur.

Zoals:

- Composiet
- Hout

Voor puntdeuren zijn de meest voorkomende materialen hout en staal die hiervoor toegepast worden. Composiet is een materiaal wat al langer toegepast wordt bij bruggen. De toepassing van dit materiaal bij sluisdeur is nog vrij jong. Een referentieproject is het Wilhelminakanaal in Tilburg waar begin 2016 puntdeuren van composiet zijn aangebracht. Er is gekeken of Hoge Sterkte Beton tot de mogelijkheden behoort als toepasbaar materiaal voor de sluisdeur. Dit materiaal wordt niet toegepast voor puntdeuren en wordt verder niet meegenomen in dit onderzoek. Naast de huidige sluisdeur van staal worden de materialen composiet en hout onderling vergeleken. De onderlinge vergelijking is op de benodigde energie bij realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur binnen de resterende levensduur van de huidige sluisdeur.

Afbakening materiaalsoort

Binnen het onderzoek worden de materiaalsoorten composiet, hout en staal vergeleken. Hout en staal zijn bekende materialen binnen de civiele techniek en worden al vele jaren toegepast als puntdeuren bij sluizen. Het materiaal composiet wordt daarentegen nog niet zo lang toegepast bij sluisdeuren binnen de civiele techniek. Daarom interessant om deze materialen onderling te vergelijken op energieverbruik per ketenfase realisatie, gebruik en onderhoud.

Realisatie [nieuw]	Energie die benodigd is bij productie van de sluisdeur (voortraject van productie grondstof valt hier buiten)
Realisatie [sloop]	Energie die benodigd is bij transport van afgedankte sluisdeur naar verwerkingsbedrijf (verwerkingsproces valt hier buiten)
Gebruik [uitvoering]	Energie die benodigd is bij gebruik van de sluisdeur
Onderhoud	Energie die benodigd is voor onderhoud aan de sluisdeur

De correspondentie is meegenomen in bijlage C.2 en C.3.

Hierbij de belangrijkste materiaaleigenschappen⁸ die mogelijk van invloed kunnen zijn op het energieverbruik binnen realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur.

Materiaaleigenschap composiet:

- Kan niet rotten, is bestand tegen vocht en UV-straling en breekt niet af na verloop van tijd;
- Zeer gering onderhoud;
- Sterke, lichte en duurzame constructies mogelijk;

⁸ Bron: <http://www.wijma.com/nl> ; <http://www.infracore.nl/nl/>

- Stijfheid, vervorming minder dan staal. Wegnemen van belasting komt constructie weer terug in oorspronkelijke staat;
- Ontwerpvrijheid is groot;
- Vermoeidheidsgraad is laag ten opzichte van hout en staal;
- Verwachte levensduur > 100 jaar. Er is echter nog geen sluitend bewijs te leveren omdat het vakgebied daarvoor nog te jong is. Wel zijn er tests gedaan die aangeven dat de levensduur van 100 jaar haalbaar zijn. Het materiaal is uitvoerig getest door TU Delft en Kenniscentrum Wind Materials Constructions⁹. In deze tests werd een monster blootgesteld aan een belasting die gelijk stond aan een levensduur van 150 jaar.

Materiaaleigenschap hout (Azobé):

- Grote sterkte, slijtvastheid en duurzaamheid;
- Weerstand tegen schimmels;
- Onderhoud is beperkt;
- Hout is flexibeler in ontwerpvrijheid dan staal;
- Levensduur 25 jaar en daarmee minder dan van composiet en staal.

Materiaaleigenschap staal:

- Onderhoudsgevoelig;
- Sterke maar zware constructie;
- Stijfheid, vervorming door krimp;
- Ontwerpvrijheid is beperkt;
- Levensduur van 100 jaar mits een goed onderhoudsprogramma wordt gevolgd.

Relatie tussen energieneutraal keten en materiaalsoort sluisdeur

De vergelijking van de materiaalsoorten composiet, hout en staal onderling zal aantonen welk materiaalsoort de minste energie benodigd. Indien de uitkomst een ander materiaal betreft dan het huidige staal, wordt er gekeken of een vervroegde uitwisseling van de sluisdeur bijdraagt aan het energieneutraal keten.

3 Onderzoeksmethode

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de methode bij het onderzoek naar een energieneutraal keten sluisdeur 'Goese Sas'. De ondernomen stappen die hebben geleid tot het eindproduct worden per deelvraag beschreven.

3.1 Werkwijze

Voor het onderzoek wordt allereerst het keten van de huidige sluisdeur in kaart gebracht. Daarmee worden de gegevens van gebruik en onderhoud van de huidige sluisdeur geanalyseerd. Vervolgens wordt het energieverbruik berekend bij realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur zodat een totaal energieverbruik per jaar kan worden vastgesteld. Het totaal energieverbruik dient als uitgangspunt voor het onderzoek.

Daaropvolgend wordt het totale keten van de sluisdeur in fases opgesplitst zodat per ketenfase kan worden berekend hoeveel duurzame energie er nodig is om een fase binnen

⁹ Bron: bijlage A.5

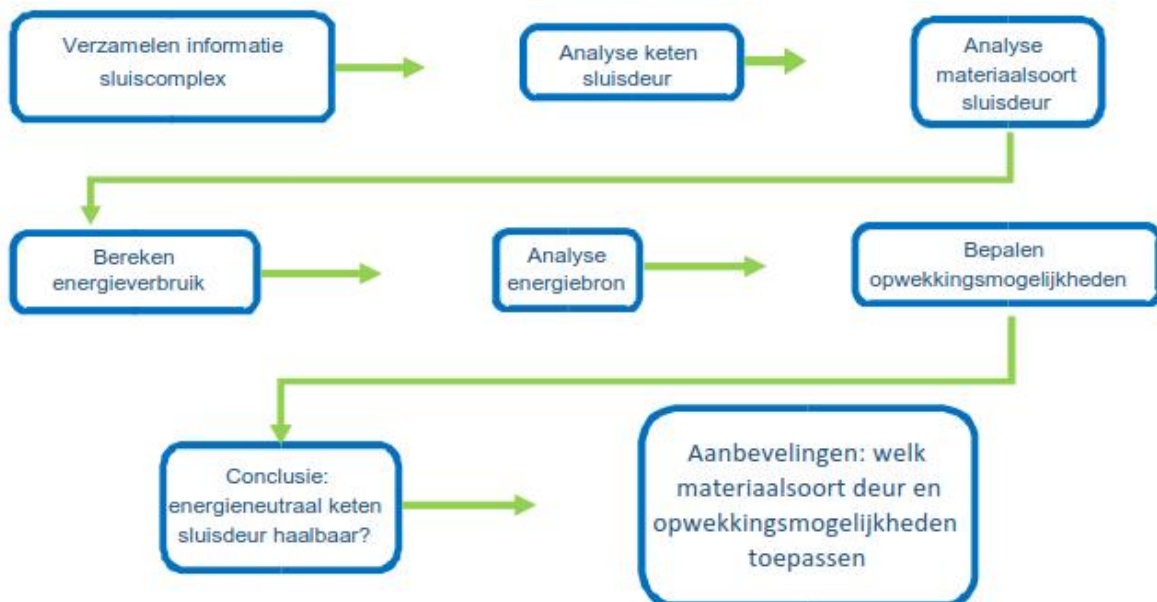
het keten van de sluisdeur energieneutraal te krijgen. Vervolgens wordt er per ketenpartner de benodigde energie berekend.

Daarnaast worden drie verschillende energiebronnen bekeken die toepasbaar zijn om lokaal de benodigde energie op te wekken voor gebruik van de sluisdeur.

Ook worden toepassingsmogelijkheden van een ander materiaalsoort ten opzichte van de huidige sluisdeur in het onderzoek meegenomen. Het onderzoek zal een beeld moeten weergeven welk materiaal de energieneutraliteit van het keten bevordert.

Ten slotte zal de conclusie worden omschreven voor het energieneutraal keten van de sluisdeur. De conclusie is aan de hand van de bevindingen na analyse van de benodigde duurzame energie, energiebron en toepassing materiaal van de sluisdeur. Als blijkt na afronding van dit onderzoek dat een vervolgonderzoek wenselijk is zal dit worden opgenomen in de aanbevelingen.

In de afbeelding hieronder wordt de werkwijze schematisch weergegeven.

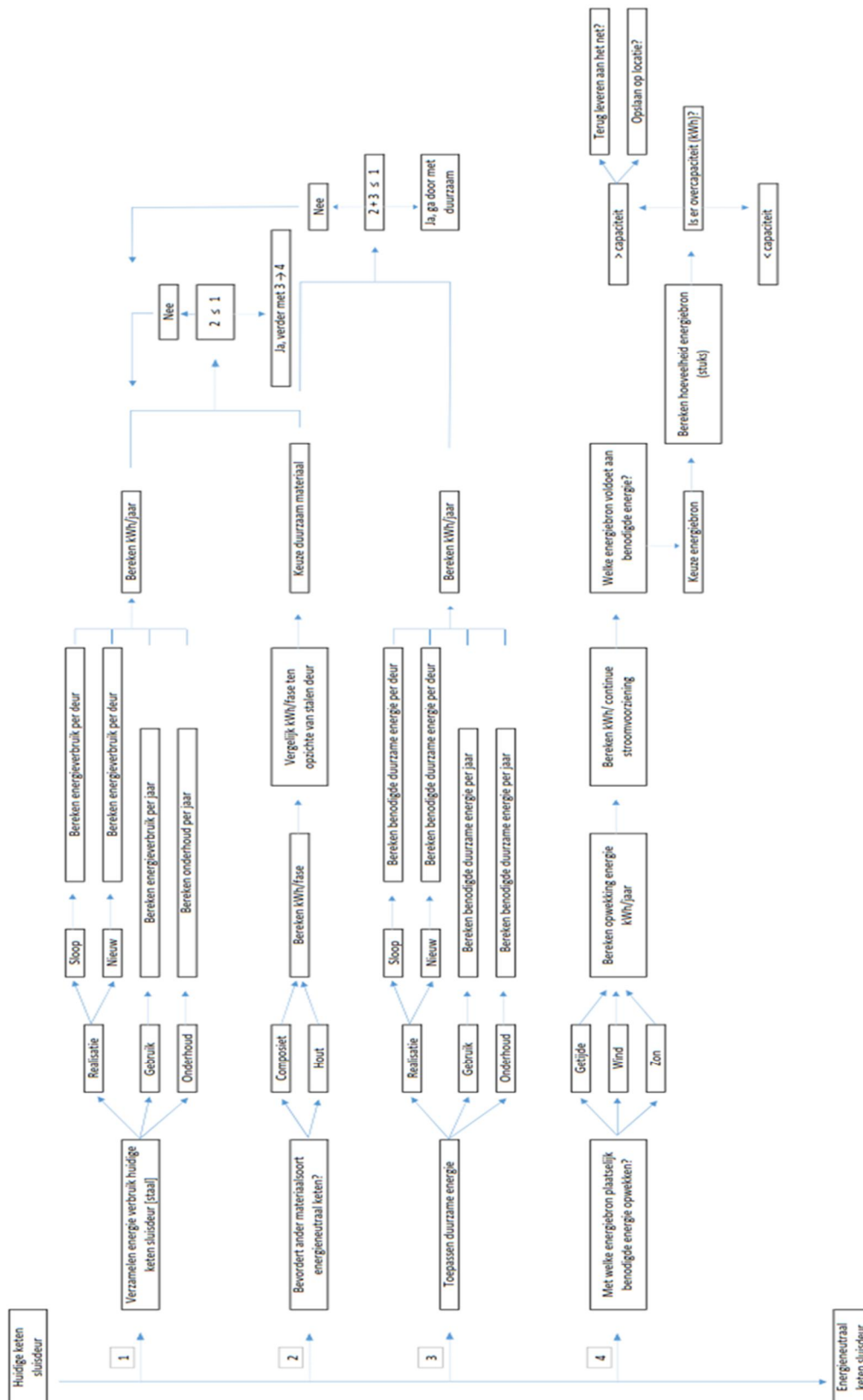


Afbeelding: Schematische weergave werkwijze'

Naar aanleiding van het onderzoeksonderwerp is een stappenplan uitgezet binnen een stroomschema. Door het volgen van de stappen binnen he stroomschema is een gestructureerd onderzoek mogelijk. Het stroomschema 'onderzoek' is weer gegeven in 3.1.

3.1 Stroomschema onderzoek

Afbeelding stroomschema



Leeswijzer stroomschema onderzoek

Het proces van het onderzoek is ondergebracht in een stroomschema waarin de inhoud van de stappen binnen het onderzoek zijn beschreven.

Huidige keten sluisdeur	Als basis het huidige keten sluisdeur van sluis 'Goese Sas'. Het proces van huidige keten naar energieneutraal keten sluisdeur wordt doorlopen met de vier hoofd onderzoekstaken opeenvolgend te doorlopen
Onderzoeksfase 1 – verzamelen energieverbruik huidige keten sluisdeur [staal]	Het energieverbruik wordt per ketenfase inzichtelijk gebracht. Waarbij realisatie is opgesplitst in nieuw en sloop
Ketenfase [realisatie, gebruik en onderhoud]	Per ketenfase wordt het benodigde energieverbruik van de betrokken ketenpartner(s) berekend
Energieverbruik huidige keten sluisdeur	Het totale energieverbruik van het huidige keten is na het doorlopen van hoofdtak 1 bekend
Onderzoeksfase 2 – Bevordert materiaal soort energieneutraal keten?	Naast het huidige materiaal van de sluisdeur wordt onderzocht of wijziging van het materiaal soort het energieneutraal keten bevordert
Berekenen benodigde energie per fase	Van de onderzochte materiaal soorten wordt ook de benodigde energie per ketenfase berekend zoals van de huidige stalen sluisdeur
Keuze duurzaam materiaal	Materialen worden geanalyseerd, hieruit volgt het duurzame materiaal. Aan de hand van het duurzame materiaal zal benodigde duurzame energie voor energieneutraliteit worden berekend.
Onderzoeksfase 3 - Toepassen duurzame energie	Per ketenpartner wordt benodigde duurzame energie berekend voor energieneutraliteit binnen ketenfase
Duurzaam materiaal afwijkend van huidige materiaal	Inzichtelijk brengen wanneer het moment van uitwisselen het minst energieverbruik benodigd.
Onderzoeksfase 4 – Met welke energiebron plaatselijk benodigde energie opwekken?	Onderzoek naar getijden-, wind- en zonne-energie zal uit moeten wijzen welke het meest geschikt is om plaatselijk de benodigde energie op te wekken voor gebruik van de sluisdeur
Bereken hoeveelheid energiebron	Aan de hand van de hoeveelheid energie die de keuze energiebron opwekt, bepalen hoeveel energiebron benodigd om te voldoen aan de benodigde energie voor gebruik van de sluisdeur
Capaciteit energiebron	Wat doen met overcapaciteit of ondercapaciteit?
Overcapaciteit	Leveren aan het net op opslaan op locatie?
Ondercapaciteit	Netaansluiting handhaven
Energie neutraal keten sluisdeur	Na het proces te hebben doorlopen binnen het stroomschema resulteert dit in een energieneutraal keten van de sluisdeur

Met het doorlopen van het proces binnen het stroomschema van het onderzoek worden de deelvragen beantwoord. De deelvragen luiden:

Deelvraag 1 – Waaruit bestaat huidig keten sluisdeur 'Goese Sas'?

Deelvraag 2 – Wat is het energieverbruik binnen huidig keten sluisdeur?

Deelvraag 3 – Heeft wijziging materiaal soort effect op energieverbruik?

Deelvraag 4 - Wat is het effect van energiebron op energieverbruik keten sluisdeur?

3.2 Deelvraag 1 – Waaruit bestaat huidig keten sluisdeur 'Goese Sas'?

Methode onderzoek

- Opvragen van achtergrondinformatie van de sluis 'Goese Sas'
- Locatiebezoek sluis 'Goese Sas'

Informatie van de sluisdeur zoals materiaal, afmetingen, levensduur, onderhoud, werking en welke partijen zijn betrokken binnen het keten van de sluisdeur. De informatie dient als basis voor het onderzoek. Indien nodig zal vervolgonderzoek worden gedaan om te komen tot voldoende informatie om vervolgens deelvraag 2 te kunnen behandelen.

Periode binnen stroomschema onderzoek

Het opvragen van de achtergrondinformatie en locatiebezoek aan de sluis wordt gedaan voor onderzoeksfase 1 binnen het stroomschema van het onderzoek.

Onderzoeksgroep

- Opdrachtgever gemeente Goes;
- Sluiswachter.

3.3 Deelvraag 2 – Wat is het energieverbruik binnen huidig keten sluisdeur?

Methode onderzoek

- Opvragen van energieverbruik bij huidige ketenpartner(s)
- Opvragen energieverbruik sluisdeur bij opdrachtgever

Contact opnemen met huidige ketenpartner(s) om vervolgens de benodigde energie van de ketenpartner vast te kunnen stellen. Waar nodig wordt contact gezocht met informatiebronnen die niet direct betrokken zijn met het huidige keten van de sluisdeur maar wel ervaring hebben met werkzaamheden binnen realisatie, gebruik en onderhoud van een sluisdeur. Het ontvangen energieverbruik van de ketenpartners wordt omgerekend naar energieverbruik uitgedrukt kWh. Daarmee kan worden vastgesteld hoeveel energie er benodigd is binnen het huidige keten van de sluisdeur.

Periode binnen stroomschema onderzoek

Met het antwoord op deelvraag 1 wordt met het onderzoek naar het antwoord op deelvraag 2 de vervolgstap gemaakt binnen het stroomschema naar onderzoeksfase 1 – verzamelen energieverbruik huidig keten sluisdeur.

Onderzoeksgroep

- Huidige ketenpartner(s) en ervaren informatiebronnen met keten van een sluisdeur zoals adviesbureau, aannemer, conserveerbedrijf en sluiswachter.

3.4 Deelvraag 3 – Heeft wijziging materiaal soort effect op energieverbruik?

Methode onderzoek

- Beschikbare informatie via internet vergaren
- Informatie opvragen bij fabrikant, transportbedrijf en aannemer¹⁰

Binnen het onderzoek wordt contact opgenomen met fabrikanten van sluisdeuren om achterhalen hoeveel energie er benodigd is voor produceren van een sluisdeur. Daarbij wordt onderzocht of aan de hand van de materiaaleigenschappen kan worden vastgesteld wat het effect van het materiaal kan zijn op het energieverbruik binnen realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur. Het vervolg van het onderzoek zal verder gaan met het materiaal die het meest bijdraagt aan vermindering van energieverbruik binnen het keten van de sluisdeur.

Periode binnen stroomschema onderzoek

Naast het huidige materiaal van de sluisdeur wordt onderzocht of met een ander materiaal soort de benodigde energie binnen het keten van sluisdeur kan worden verminderd. Dit is onderzoeksfase 2 binnen het onderzoek schema.

Onderzoeksgroep

- Mogelijk nieuwe ketenpartner en ervaren informatiebronnen zoals fabrikant, transportbedrijf en aannemer.

3.5 Deelvraag 4 – Wat is het effect van energiebron op energieverbruik keten sluisdeur?

Methode onderzoek

- Beschikbare informatie via internet vergaren
- Informatie opvragen bij leverancier, fabrikant, transportbedrijf en aannemer

Informatie verkrijgen over realisatie, gebruik en onderhoud van duurzame energiebronnen zoals getijden-, wind-, en zonne-energie via internet. Daarnaast contact opnemen met energieleverancier en fabrikant van duurzame energiebronnen. Daarbij zal ook contact worden opgenomen met transportbedrijf en aannemer voor de benodigde energie bij realisatie van de energiebron.

Periode binnen stroomschema onderzoek

Met het antwoord op deelvraag 3 gaan we verder met het materiaal wat het meest bijdraagt aan vermindering van de benodigde energie. Binnen onderzoeksfase 3 van het stroomschema wordt onderzocht welke duurzame energiebron kan voorzien in de benodigde energie. Daarna wordt in onderzoeksfase 4 onderzocht met welke duurzame energiebron lokaal de benodigde energie kan worden opgewekt. Hoeveel energiebronnen nodig zijn en wat de opwekkingscapaciteit is. Aan de hand van de geschatte opwekkingscapaciteit zal worden bekeken welke voorzieningen er moeten worden getroffen met een overschot of tekort aan capaciteit.

¹⁰ Bron: bijlage C.2 t/m C.5

Onderzoeksgroep

- Mogelijk nieuwe ketenpartner zoals energieleverancier, fabrikant, transportbedrijf en aannemer.

4 Resultaten

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van het onderzoek naar het energieneutraal keten sluisdeur 'Goese Sas'. Alleen hoofdpunten met verwijzingen zijn opgenomen om herhaling te voorkomen. In volgorde van de deelvragen worden de resultaten aan de hand van de stappen binnen het stroomschema gepresenteerd. Het energieverbruik is gebaseerd op cijfers van bronnen uit de praktijk. Waar nodig is een aanname gedaan. Toch dient rekening gehouden te worden met een afwijking van plus en min 20%.

4.1 Deelvraag 1 - Waaruit bestaat het huidige keten sluisdeur 'Goese Sas'?

Het huidige keten van de sluisdeur 'Goese Sas' bestaat uit realisatie, gebruik en onderhoud van de sluisdeur. Per ketenfase zijn de ketenpartners benoemd die de taken uitvoeren in relatie tot de sluisdeur. Tenslotte is aangegeven wanneer de ketenfases zijn gepland voor uitvoering tot einde levensduur.

Realisatie, nieuw	: advies- en ingenieursbureau - inventarisatie, contract opstellen en ontwerp - coördinatie/ begeleiding van de uitvoering : aannemer - uitvoeren : fabrikant - produceren sluisdeur
Realisatie, sloop	: aannemer - uitvoeren : transportbedrijf - afvoeren afgedankte deur naar verwerkingsbedrijf
Gebruik	: gebruik - werking deur, openen en sluiten van sluisdeur tijdens schutproces
Onderhoud	: advies- en ingenieursbureau - voorbereiding, begeleiding van de uitvoering : aannemer - uitvoeren : metaalbedrijf - conservering stalen sluisdeur : transportbedrijf - afvoeren afgedankte deur naar verwerkingsbedrijf

De planning van de uit te voeren fases binnen het keten van de sluisdeur tot einde levensduur in 2086.

Realisatie nieuw en sloop gaat gepaard in 2086. De oude afgedankte sluisdeur wordt verwijderd en afgevoerd naar het verwerkingsbedrijf. Vervolgens wordt de nieuw geproduceerde sluisdeur geleverd en aangebracht.

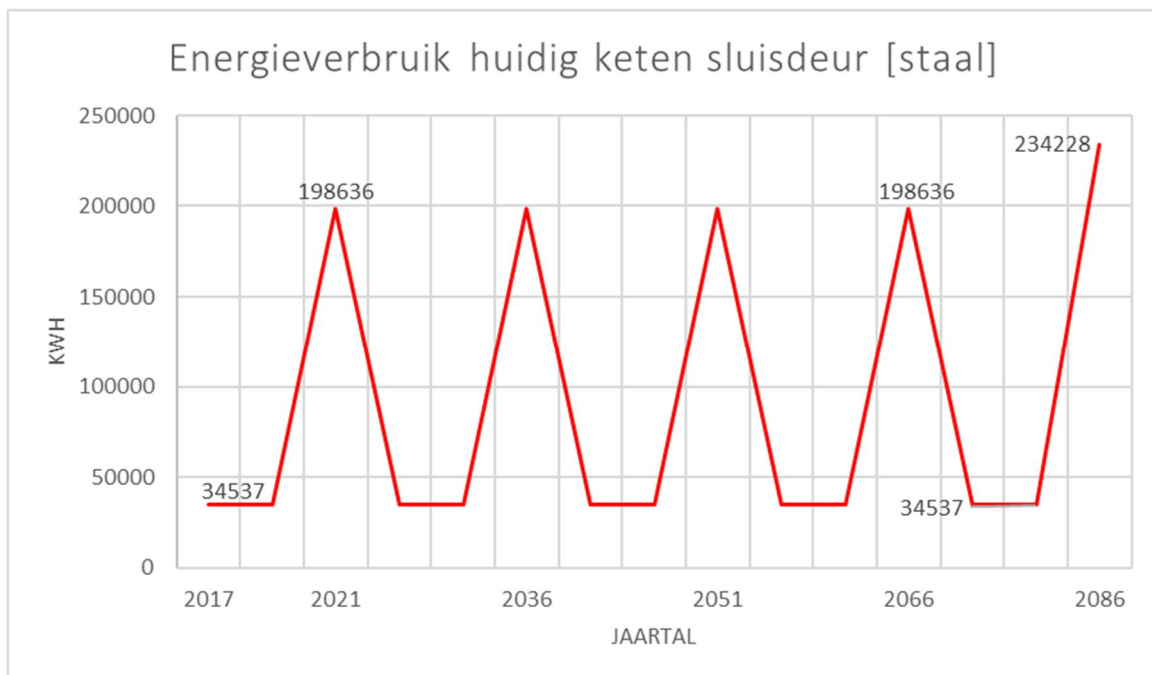
Gebruik is een continu proces waar de sluisdeuren in werking worden gesteld tijdens het schutproces.

Onderhoud is het conserveren van de stalen sluisdeur en komt om de 15 jaar terug. De eerstvolgende staat gepland voor 2021. Gedurende de resterende levensduur van de huidige sluisdeur komt dit nog 4 keer voor.

4.2 Deelvraag 2 - Wat is het energieverbruik binnen huidig keten sluisdeur?

Het energieverbruik binnen het huidig keten van de sluisdeur bestaat uit elektriciteits- en gasverbruik binnen kantoor en werkplaats en het brandstofverbruik binnen mobiliteit. Allereerst het totale energieverbruik binnen het keten van de huidig sluisdeur weergegeven in de onderstaande grafiek. Vervolgens wordt per ketenfase een overzicht gepresenteerd met de benodigde energie per ketenpartner en onderbouwing van het resultaat.

Het energieverbruik van de ketenfases zijn verwerk in één grafiek zoals is weergegeven in de afbeelding hieronder. Met dit overzicht is te zien wat de benodigde energie is tot einde levensduur van de huidige stalen sluisdeur.



Grafiek: Energieverbruik huidig keten sluisdeur

- Realisatie vindt plaats in 2086 na de verwachte levensduur van 100 jaar, benodigde energie 199691 kWh. Daarmee is in dat jaar 85% meer energiebehoefte ten opzichte van een regulier gebruiksjaar;
- Gebruik loopt door tot einde levensduur, benodigde energie 34537 kWh/ jaar. In verhouding is dit gelijk aan circa 10 huishoudens die gemiddeld 3500 kWh/ jaar per huishouden aan energie verbruiken.
- Onderhoud is de conservering van het staal en komt om de 15 jaar terug. Het eerstvolgende onderhoud staat gepland voor 2021, benodigde energie is 164099 kWh. Dit is ruim 82% extra ten opzichte van de benodigde energie voor gebruik.

4.2.1 Energieverbruik realisatie sluisdeur

In de tabel hieronder zijn opgenomen de betrokken ketenpartners met de benodigde energie binnen de ketenfase realisatie van de sluisdeur.

Ketenpartner	Onderbouwing mobiliteit [kWh]	Energieverbruik [kWh]	Totaal energieverbruik [kWh]
Advies- Ingenieursbureau			
Voorbereiding*	Kantoor	459	
*inventarisatie; bestek; ontwerp;	Mobiliteit	829	
			1288
Advies- Ingenieursbureau			
Directie & Toezicht*	Kantoor	967	
*coördinatie/ begeleiding uitvoering;	Mobiliteit	1749	
			2716
Aannemer			
Uitvoering	Kantoor/ werf	201	
	Mobiliteit*	133183	
	*personenauto	186	
	*werkbus	6814	
	*vrachtwagen	1326	
	*telekraan	32655	
	*sleepboot	92202	
			133384
Fabrikant			
Productie sluisdeur	Kantoor/ werf	7158	
	Mobiliteit*	39248	
	*werkbus	23063	
	*bovenloopkraan	120	
	*vr.w.+dieplader	168	
	*kraanschip	2208	
	*sleepboot	13689	
			46406
Verwerkingsbedrijf			
Transport naar verwerker	Mobiliteit*	15897	
	*kraanschip	2208	
	*sleepboot	13689	
			15897
Totaal kWh/ realisatie staal			199691

Tabel: Energieverbruik ketenpartners realisatie stalen sluisdeur

Onderbouwing resultaat

Het energieverbruik is bepaald aan de hand van de verkregen informatie van de huidige ketenpartners en mogelijke nieuwe ketenpartners. De informatie betreffende productie van de deur is verkregen bij een ervaren fabrikant. Het transport over water is gerekend vanaf Werkendam en omstreken naar de sluis 'Goese Sas'. In verband met mogelijke inhuur van materieel is mobiliteit verder uitgesplitst bij de aannemer, fabrikant en verwerkingsbedrijf. Voor de correspondentie met informatiebronnen wordt verwezen naar de bijlagen die zijn opgenomen in C.4, C.5 en C.7.

Voor de onderbouwende berekening van het energieverbruik per ketenpartner binnen de ketenfase realisatie wordt verwezen naar bijlage B.1.

4.2.2 Energieverbruik gebruik sluisdeur

Scheepsvaartbewegingen door de schutsluis worden maandelijks bijgehouden door de gemeente Goes, deze zijn opgenomen in bijlage A.1. De beschikbare gegevens van 2014 tot en met 2016 zijn verwerkt en weergegeven in de tabel hieronder.

Schutsluis 'Goese Sas'

Overzicht aantal maandelijks schuttingen in 2014, 2015 en 2016

Verdeling in recreatie en beroepsvaartuigen

Maand	2014		2015		2016	
	recreatie	beroeps	recreatie	beroeps	recreatie	beroeps
Januari	29	15	13	19	12	17
Februari	26	27	29	22	22	20
Maart	109	36	66	32	77	27
April	690	66	469	49	404	26
Mei	1584	60	1684	36	1496	24
Juni	2450	63	1770	54	1449	40
Juli	3182	62	3079	51	3105	45
Augustus	3302	42	3410	15	3387	21
September	1984	34	1405	42	1793	41
Oktober	869	49	751	29	766	32
November	160	21	112	21	85	26
December	31	28	43	22	34	25
Totaal	14416	503	12831	392	12630	344

Aantal schuttingen/jaar	14919	13223	12974
-------------------------	-------	-------	-------

Het overzicht geeft inzicht in het aantal schuttingen per maand. Daarnaast is onderscheid gemaakt in recreatie- beroepsvaart. De totale schuttingen per jaar laten zien dat er een kentering is van 2014 tot 2017. De grootste afname zit tussen 2014 en 2015. De reden volgens de gemeente is bij recreatie, verhoging van liggelden en bij de beroepsvaart is het door vertrek van een bedrijf uit de haven van Goes. De kentering tussen 2015 en 2016 heeft geen directe verklaring volgens de gemeente.

Onderbouwing resultaat

Uitgangspunt zijn 13.705 schuttingen per jaar binnen dit onderzoek. Dit is het gemiddeld aantal schuttingen over de periode vanaf januari 2014 tot januari 2017 waarvan de gegevens beschikbaar waren.

Het totale sluizencomplex heeft een jaarlijks stroomverbruik van 140.000 kWh. Volgens de gemeente Goes is naar schatting het stroomverbruik:

100.000 kWh gemaal
40.000 kWh bedieningsgebouw/ sluisdeuren
 140.000 kWh totaal

Ter controle op het energieverbruik bij gebruik van de sluisdeuren is binnen de cyclus van het schutten tijdens het schutproces de meterstand opgenomen.

Aflezing aanvang schutten 130428,08 kWh

Aflezing na schutten 130430,60 kWh

Totaal 2,52 kWh/ schutting

Met 13.705 schuttingen per jaar is het stroomverbruik 34537 kWh/ jaar.

4.2.3 Energieverbruik onderhoud sluisdeur

In de tabel hieronder zijn opgenomen de betrokken ketenpartners met de benodigde energie binnen de ketenfase onderhoud van de sluisdeur.

Ketenpartner	Onderbouwing mobiliteit [kWh]	Energieverbruik [kWh]	Totaal energieverbruik [kWh]
Advies- Ingenieursbureau			
Vorbereiding*	Kantoor	459	
*inventarisatie; bestek; ontwerp;	Mobiliteit	829	
			1288
Advies- Ingenieursbureau			
Directie & Toezicht*	Kantoor	1187	
*coördinatie/ begeleiding uitvoering;	Mobiliteit	2145	
			3332
Aannemer			
Uitvoering	Kantoor/ werf	490	
	Mobiliteit*	133183	
	*personenauto	186	
	*werkbus	6814	
	*vrachtwagen	1326	
	*telekraan	32655	
	*sleepboot	92202	
			133673
Metaalbedrijf			
Conservering sluisdeur	Kantoor/ werf	21074	
	Mobiliteit	4732	
			25806
Totaal kWh/ onderhoud staal			164099

Tabel: Energieverbruik ketenpartners onderhoud stalen sluisdeur

Onderbouwing resultaat

Het energieverbruik is bepaald aan de hand van de verkregen informatie van de huidige ketenpartners en mogelijke nieuwe ketenpartners. De informatie betreffende aannemer is verkregen bij de aannemer die het voorgaande onderhoud heeft uitgevoerd. Aan de hand van de aanwezige uitvoeringsplanning¹¹ is bekeken wat de benodigde energie is voor de aannemer. De benodigde energie betreffende conservering is met een ervaren metaalbedrijf opgenomen. In verband met mogelijke inhuur van materieel is mobiliteit verder uitgesplitst bij de aannemer. Om een beeld te hebben van de werking van het onderhoudscyclus is de opgenomen in bijlage A.2.

De correspondentie met de informatiebronnen is opgenomen in bijlage C.3 en C.6.

Voor de onderbouwende berekening van het energieverbruik per ketenpartner binnen de ketenfase onderhoud wordt verwezen naar bijlage B.3.

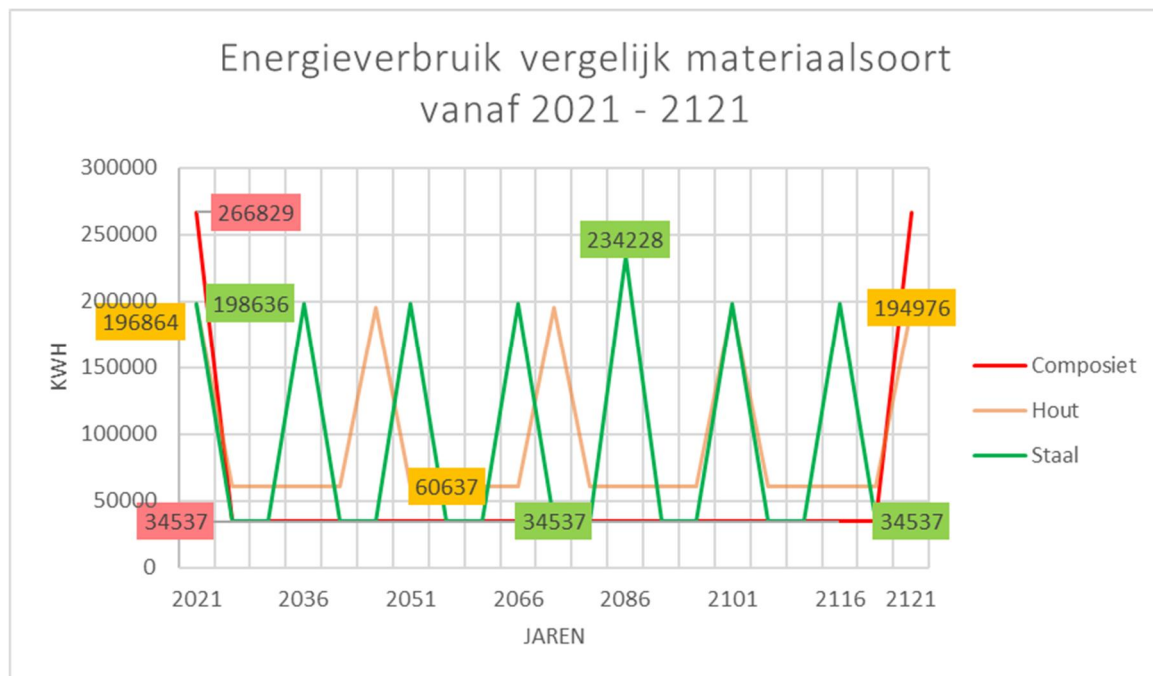
¹¹ Bron: bijlage A.3

4.3 Deelvraag 3 - Heeft wijziging materiaal soort effect op energieverbruik?

Het energieverbruik binnen het huidige keten van de sluisdeur is bekend. Met het antwoord op deelvraag 3 zal worden aangetoond welk materiaal het meest bijdraagt aan het verminderen van het energieverbruik binnen het keten van de sluisdeur.

Allereerst het totale energieverbruik per materiaal soort over de periode vanaf 2021 tot en met 2121 weergegeven in de onderstaande grafiek. Vervolgens wordt per materiaal soort de benodigde energie per keten fase gepresenteerd. En tenslotte het energieverbruik per keten partner met de onderbouwing van het resultaat.

In de onderstaande grafiek is de energie behoefte weergegeven per materiaal soort binnen de periode van 2021 tot 2121. De materiaal soorten worden vergeleken op het energieverbruik over de periode van 2021 tot 2086, restende levensduur huidige sluisdeur. Het uitgangspunt is het jaar 2021, de eerstvolgende conservering van de huidige stalen deur.



Grafiek: Energieverbruik materiaal soort van 2021 tot 2121

De benodigde energie is per materiaal soort in de volgende tabellen weergegeven. Voor de onderbouwing van de cijfers met betrekking tot realisatie en onderhoud wordt verwezen naar de resultaten van het energieverbruik per keten partner/ keten fase met betrekking tot het materiaal soort.

Staal

periode 2021 - 2086

Gerealiseerd 1986

Levensduur 100 jaar

Gegeven: kWh

realisatie 199691 per keer

onderhoud 164099 per keer

gebruik 34537 per jaar

Realisatie

Is in 1986 uitgevoerd, in 2086 vervangen

$$199691 \times 1 = 199691$$

Onderhoud (per 15 jaar)

komt 4x voor in periode van 2021 - 2086

$$164099 \times 4 = 656396$$

Gebruik

$$34537 \times 65 = 2244905$$

Benodigde energie over periode 2021 -2086
3100992 kWh

Tabel: Energieverbruik stalen sluisdeur, periode 2021 – 2086

Het energieverbruik ten behoeve van de stalen deur is te herleiden uit de resultaten van de huidige sluisdeur.

Composiet periode 2021 - 2086

Realisatie 2021

Levensduur 100 jaar

Gegeven: kWh

realisatie 157503 1 keer incl afvoer stalen deur

onderhoud 0 per keer

gebruik 34537 per jaar

Realisatie

Uitvoering 2021

$$266829 \times 1 = 266829$$

Gebruik

$$34537 \times 65 = 2244905$$

Benodigde energie over periode 2021 -2086
2511734 kWh

Tabel: Energieverbruik composiet sluisdeur, periode 2021 – 2086

Het energieverbruik ten behoeve van de composiet deur is te herleiden uit de resultaten van het materiaal per ketenfase.

Hout

periode 2021 - 2086

Realisatie 2021

Levensduur 25 jaar

Gegeven: kWh

realisatie 162327 1e keer incl afvoer stalen deur

realisatie 160439 2 keer [2046; 2071;]

onderhoud 26100 per keer

gebruik 34537 per jaar

Realisatie

$$162327 \times 1 = 162327$$

$$160439 \times 2 = 320878$$

Onderhoud (jaarlijks)

65 jaar minus 3 jaar realisatie = 62 jaar

$$26100 \times 62 = 1618200$$

Gebruik

$$34537 \times 65 = 2244905$$

Benodigde energie over periode 2021 -2086
4346310 kWh

Tabel: Energieverbruik houten, periode 2021 – 2086

Het energieverbruik ten behoeve van de houten deur is te herleiden uit de resultaten van het materiaal per ketenfase.

De onderbouwing van de benodigde energie is per ketenpartner/ ketenfase van het materiaalsoort in de onderstaande tabellen weergegeven. Het energieverbruik voor gebruik is binnen dit onderzoek voor de materiaalsoorten gelijk gehouden. Daarmee wordt verwezen naar het resultaat energieverbruik bij gebruik van de huidige sluisdeur.

Ketenpartner	Onderbouwing mobiliteit [kWh]	Energieverbruik [kWh]	Totaal energieverbruik [kWh]
Advies- Ingenieursbureau			
Voorbereiding*	Kantoor	459	
*inventarisatie; bestek; ontwerp;	Mobiliteit	829	1288
Advies- Ingenieursbureau			
Directie & Toezicht*	Kantoor	967	
*coördinatie/ begeleiding uitvoering;	Mobiliteit	1749	2716
Aannemer			
Uitvoering	Kantoor/ werf	201	
	Mobiliteit*	112584	
	*personenauto	186	
	*werkbus	6814	
	*vrachtwagen	1326	
	*telekraan	29390	
	*sleepboot	74868	112785
Fabrikant			
Productie sluisdeur	Kantoor/ werf	120968	
	Mobiliteit*	13175	
	*vr.w. + dieplader	66	
	*kraanschip	1987	
	*sleepboot	11122	134143
Verwerkingsbedrijf			
Transport naar verwerker	Mobiliteit*	15897	
	*kraanschip	2208	
	*sleepboot	13689	15897
Totaal kWh/ vervanging composiet voor staal			266829

Tabel: Energieverbruik realisatie vervangen sluisdeur, composiet voor staal

Voor de gedetailleerde berekening van de cijfers van de ketenpartners wordt verwezen naar bijlage B.5.

Ketenpartner	Onderbouwing mobiliteit [kWh]	Energieverbruik [kWh]	Totaal energieverbruik [kWh]
Advies- Ingenieursbureau			
Voorbereiding*	Kantoor	459	
*inventarisatie; bestek; ontwerp;	Mobiliteit	829	1288
Advies- Ingenieursbureau			
Directie & Toezicht*	Kantoor	967	
*coördinatie/ begeleiding uitvoering;	Mobiliteit	1749	2716
Aannemer			
Uitvoering	Kantoor/ werf	201	
	Mobiliteit*	119046	
	*personenauto	186	
	*werkbus	6814	
	*vrachtwagen	1326	
	*telekraan	30043	
	*sleepboot	80677	119247
Fabrikant			
Productie sluisdeur	Kantoor/ werf	9028	
	Mobiliteit*	14151	
	*bovenloopkraan		
	*vr.w.+dieplader		
	*kraanschip		
	*sleepboot		23179
Verwerkingsbedrijf			
Transport naar verwerker	Mobiliteit*	15897	
	*kraanschip	2208	
	*sleepboot	13689	15897
Totaal kWh/ hout voor staal			162327

Tabel: Energieverbruik realisatie vervangen sluisdeur, hout voor staal

Voor de gedetailleerde berekening van de cijfers van de ketenpartners wordt verwezen naar bijlage B.3.

Ketenpartner	Onderbouwing mobiliteit [kWh]	Energieverbruik [kWh]	Totaal energieverbruik [kWh]
Advies- Ingenieursbureau			
Vorbereiding*	Kantoor	459	
*inventarisatie; bestek; ontwerp;	Mobiliteit	829	1288
Advies- Ingenieursbureau			
Directie & Toezicht*	Kantoor	967	
*coördinatie/ begeleiding uitvoering;	Mobiliteit	1749	2716
Aannemer			
Uitvoering	Kantoor/ werf	201	
	Mobiliteit*	119046	
	*personenauto	186	
	*werkbuss	6814	
	*vrachtwagen	1326	
	*telekraan	30043	
	*sleepboot	80677	119247
Fabrikant			
Productie sluisdeur	Kantoor/ werf	9028	
	Mobiliteit*	14151	
	*bovenloopkraan	120	
	*vr.w.+dieplader	22	
	*kraanschip	2031	
	*sleepboot	11978	23179
Verwerkingsbedrijf			
Transport naar verwerker	Mobiliteit*	14009	
	*kraanschip	2031	
	*sleepboot	11978	14009
Totaal kWh/ realisatie hout			160439

Tabel: Energieverbruik realisatie houten sluisdeur

Ketenpartner	Onderbouwing mobiliteit [kWh]	Energieverbruik [kWh]	Totaal energieverbruik [kWh]
Aannemer			
Uitvoering	Kantoor/ werf	28	
	Mobiliteit*	26072	
	*werkbuss	106	
	*sleepboot	25966	26100
Totaal kWh/ onderhoud hout			26100

Tabel: Energieverbruik onderhoud houten sluisdeur

Voor de gedetailleerde berekening van de cijfers van de ketenpartners wordt verwezen naar bijlage B.3 en B.4.

4.4 Deelvraag 4 – Wat is het effect van energiebron op energieverbruik keten sluisdeur?

4.4.1 Getijdenenergie

De opbrengst van de Tocardo turbine is volgens de site van Tocardo¹² 250MWh/jaar, waarbij de opbrengst evenredig verdeeld is per maand in verband met de voorspelbaarheid van het getij. Daarmee is de opbrengst van één turbine circa 20 MWh/ maand. Na contact te hebben gehad met Tocardo blijkt de opbrengst positiever te zijn in de praktijk. De energieopbrengst is 340MWh/ jaar en is circa 28MWh per maand.

Naast de opbrengst van energie heeft de waterturbine ook energieverbruik. In de onderstaande tabel is een overzicht weergegeven van het energieverbruik binnen het keten van de waterturbine. Voor de onderbouwing van het energieverbruik per ketenfase wordt verwezen naar de berekening in bijlage B.6

Gegevens waterturbine:	
TypeTocado T2	
Vermogen	250 kW
Opwekking	250 MWh/ jaar
Efficiëntie waterturbine	1,00 [100%]
Rotordiameter	10 m
Levensduur	20 jaar
Onderhoud [interval]	5 jaar
Energieverbruik keten waterturbine	
<u>Realisatie, nieuw</u>	
Productie [kantoor/ werkplaats, mobiliteit]	22041 kWh
Leverantie, montage [kantoor, mobiliteit]	20913 kWh
Gebruik	0 kWh
Onderhoud [3x binnen levensduur]	
Aannemer [kantoor, mobiliteit]	37416 kWh
<u>Realisatie, nieuw</u>	
Verwijderen en afvoeren [mobiliteit]	20172 kWh
Totaal energieverbruik	100542 kWh

Tabel: Energieverbruik keten waterturbine

Effect van waterturbine met materiaalsoort op energieverbruik keten sluisdeur

Om een beeld te krijgen wat de invloed is van de waterturbine binnen de energiestroming van het keten van de sluisdeur wordt een energiebalans gepresenteerd. De energiebalans geeft een overzicht met de benodigde energie per maand voor zowel het keten van de waterturbine als het keten van de sluisdeur. Deze benodigde energie dient met de waterturbine te worden opgewekt. De energiebalans geeft een maandelijks resultaat weer van de capaciteit.

Er wordt per materiaalsoort een overzicht gepresenteerd met de energiebalans van de waterturbine als energiebron binnen het keten van de sluisdeur. De vergelijking van het effect van de waterturbine met het materiaalsoort is in de periode vanaf 2021 tot en met 2086.

De waterturbine heeft een verwachte levensduur van 20 jaar. Binnen de resterende levensduur van de huidige sluisdeur betekend dat deze 4 keer vervangen dient te worden. De totaal benodigde energie van de waterturbine komt daarmee op circa 402168 kWh

¹² Bron: <http://www.tocado.com/Project/oosterschelde/>

binnen de genoemde periode. De energiebehoefte van het keten van de sluisdeur verschilt per materiaalsoort.

Het totaal energieverbruik van het keten van de huidige stalen sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 3100992 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van de waterturbine als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten huidige stalen sluisdeur + keten waterturbine
Energiebalans Getijdenenergie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort
januari	3,93	35	138	28000	27862		28000	27862	
februari	3,93	49	193	28000	27807		28000	27807	
maart	3,93	115	452	28000	27548		28000	27548	
april	3,93	568	2234	28000	25766		28000	25766	
mei	3,93	1628	6402	28000	21598		28000	21598	
juni	3,93	1942	7637	28000	20363		28000	20363	
juli	3,93	3175	12486	28000	15514		28000	15514	
augustus	3,93	3392	13339	28000	14661		28000	14661	
september	3,93	1766	6945	28000	21055		28000	21055	
oktober	3,93	832	3272	28000	24728		28000	24728	
november	3,93	142	558	28000	27442		28000	27442	
december	3,93	61	240	28000	27760		28000	27760	
Totaal		13705	53895	336000	282105		336000	282105	

Tabel: Energiebalans keten huidige stalen sluisdeur + waterturbine

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met de huidige stalen sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 3100992

Keten energiebron 402168 [4x 100542]

Totaal 3503160 kWh

Energieverbruik per jaar

$3503160 : 65 = 53895 \text{ kWh}$

Energieverbruik per schutting

$53895 : 13705 = 3,93 \text{ kWh}$

Het totaal energieverbruik van het keten van de composiet sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 2511734 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van de waterturbine als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten composiet sluisdeur + keten waterturbine

Energiebalans Getijdenenergie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort
januari	3,27	35	114	28000	27886		28000	27886	
februari	3,27	49	160	28000	27840		28000	27840	
maart	3,27	115	376	28000	27624		28000	27624	
april	3,27	568	1858	28000	26142		28000	26142	
mei	3,27	1628	5325	28000	22675		28000	22675	
juni	3,27	1942	6352	28000	21648		28000	21648	
juli	3,27	3175	10385	28000	17615		28000	17615	
augustus	3,27	3392	11095	28000	16905		28000	16905	
september	3,27	1766	5777	28000	22223		28000	22223	
oktober	3,27	832	2721	28000	25279		28000	25279	
november	3,27	142	464	28000	27536		28000	27536	
december	3,27	61	200	28000	27800		28000	27800	
Totaal		13705	44829	336000	291171		336000	291171	

Tabel: Energiebalans keten composiet sluisdeur + waterturbine

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met de composiet sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 2511734

Keten energiebron 402168 [4x 100542]

Totaal 2913902 kWh

Energieverbruik per jaar

2913902 : 65 = 44829 kWh

Energieverbruik per schutting

44829 : 13705 = 3,27 kWh

Daarmee geeft composiet een energievermindering ten opzicht van het huidige staal.

(staal, 3100992 kWh = 100%, en composiet + waterturbine, 2913902 kWh = 94%) van 6%

Het totaal energieverbruik van het keten van de houten sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 4346310 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van de waterturbine als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten houten sluisdeur + keten waterturbine
Energiebalans Getijdenenergie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort
januari	5,33	35	187	28000	27813		28000	27813	
februari	5,33	49	261	28000	27739		28000	27739	
maart	5,33	115	613	28000	27387		28000	27387	
april	5,33	568	3028	28000	24972		28000	24972	
mei	5,33	1628	8678	28000	19322		28000	19322	
juni	5,33	1942	10352	28000	17648		28000	17648	
juli	5,33	3175	16924	28000	11076		28000	11076	
augustus	5,33	3392	18081	28000	9919		28000	9919	
september	5,33	1766	9414	28000	18586		28000	18586	
oktober	5,33	832	4435	28000	23565		28000	23565	
november	5,33	142	757	28000	27243		28000	27243	
december	5,33	61	325	28000	27675		28000	27675	
Totaal		13705	73054	336000	262946		336000	262946	

Tabel: Energiebalans keten houten sluisdeur + waterturbine

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met de houten sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 4346310

Keten energiebron 402168 [4x 100542]

Totaal 4748478 kWh

Energieverbruik per jaar

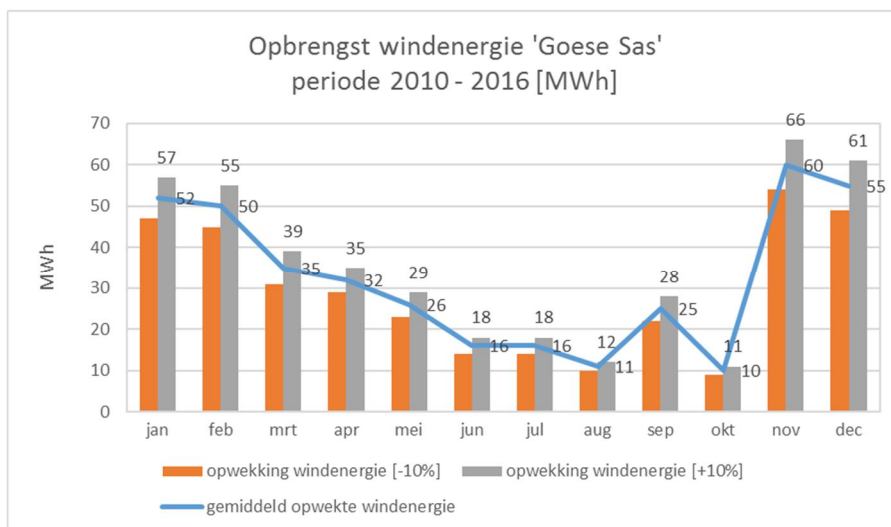
$4748478 : 65 = 73054 \text{ kWh}$

Energieverbruik per schutting

$73054 : 13705 = 5,33 \text{ kWh}$

4.4.2 Windenergie

De voormalige windturbine¹³ 'Goese Sas' is als referentie gebruikt voor de opbrengstgegevens van windenergie op locatie. In de afbeelding hieronder het verloop van energieopbrengst van de windturbine in de periode 2010 tot en met 2016.



In het volgende overzicht is het energieverbruik binnen het keten van de windturbine 'Goese Sas' weergegeven. Voor de onderbouwing van het energieverbruik per ketenfase wordt verwezen naar de berekening in bijlage B.7

Gegevens windturbine:

TypeMicon	
Vermogen	250 kW
Rotordiameter	26 m
Ashoogte	30 m
Levering	400000 kW/ jaar
Efficiëntie waterturbine	1,00 [100%]
Levensduur	15 jaar
Onderhoud [interval]	1 jaar

Energieverbruik keten windturbine

<u>Realisatie, nieuw</u>	
Productie [kantoor/ werkplaats, mobiliteit]	22041 kWh
Leverantie, montage [kantoor, mobiliteit]	7401 kWh
<u>Gebruik</u>	0 kWh
<u>Onderhoud</u> [3x binnen levensduur]	
Aannemer [kantoor, mobiliteit]	11120 kWh
<u>Realisatie, nieuw</u>	
Verwijderen en afvoeren [mobiliteit]	1547 kWh

Totaal energieverbruik	42109 Kwh
------------------------	-----------

Tabel: Energieverbruik keten windturbine

Effect van windturbine met materiaalsoort op energieverbruik keten sluisdeur

Om een beeld te krijgen wat de invloed is van de windturbine binnen de energiestroming van het keten van de sluisdeur wordt een energiebalans gepresenteerd. De energiebalans geeft een overzicht met de benodigde energie per maand voor zowel het keten van de windturbine

¹³ Bron: bijlage A.4

als het keten van de sluisdeur. Deze benodigde energie dient met de windturbine te worden opgewekt. De energiebalans geeft een maandelijks resultaat weer van de capaciteit.

Er wordt per materiaalsoort een overzicht gepresenteerd met de energiebalans van de windturbine als energiebron binnen het keten van de sluisdeur. De vergelijking van het effect van de windturbine met het materiaalsoort is in de periode vanaf 2021 tot en met 2086.

De windturbine heeft een verwachte levensduur van 15 jaar. Binnen de resterende levensduur van de huidige sluisdeur betekend dat deze 5 keer vervangen dient te worden. De totaal benodigde energie van de windturbine komt daarmee op circa 210545 kWh binnen de genoemde periode. De energiebehoefte van het keten van de sluisdeur verschilt per materiaalsoort.

Het totaal energieverbruik van het keten van de huidige stalen sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 3100992 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van de windturbine als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten huidige stalen sluisdeur + keten windturbine
Energiebalans Windenergie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest positieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort		over	tekort
januari	3,72	35	130	52000	51870		47000	46870		57000	56870	
februari	3,72	49	182	50000	49818		45000	44818		55000	54818	
maart	3,72	115	427	35000	34573		31000	30573		39000	38573	
april	3,72	568	2111	32000	29889		29000	26889		35000	32889	
mei	3,72	1628	6052	26000	19948		23000	16948		29000	22948	
juni	3,72	1942	7219	16000	8781		14000	6781		18000	10781	
juli	3,72	3175	11803	16000	4197		14000	2197		18000	6197	
augustus	3,72	3392	12609	11000	-1609		10000		-2609	12000		-609
september	3,72	1766	6565	25000	18435		22000	15435		28000	21435	
oktober	3,72	832	3093	10000	6907		9000	5907		11000	7907	
november	3,72	142	528	60000	59472		54000	53472		66000	65472	
december	3,72	61	227	55000	54773		49000	48773		61000	60773	
Totaal		13705	50947	388000	337053		347000	298663	-2609	429000	378663	-609

Tabel: Energiebalans keten huidige stalen sluisdeur + windturbine

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met huidige stalen sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 3100992

Keten energiebron 210545 [5x 42109]

Totaal 3311537 kWh

Energieverbruik per jaar

3311537 : 65 = 50947 kWh

Energieverbruik per schutting

50947 : 13705 = 3,72 kWh

Het totaal energieverbruik van het keten van de composiet sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 2511734 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van de windturbine als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten composiet sluisdeur + keten windturbine
Energiebalans Windenergie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest positieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort		over	tekort
januari	3,06	35	107	52000	51893		47000	46893		57000	56893	
februari	3,06	49	150	50000	49850		45000	44850		55000	54850	
maart	3,06	115	351	35000	34649		31000	30649		39000	38649	
april	3,06	568	1736	32000	30264		29000	27264		35000	33264	
mei	3,06	1628	4975	26000	21025		23000	18025		29000	24025	
juni	3,06	1942	5935	16000	10065		14000	8065		18000	12065	
juli	3,06	3175	9703	16000	6297		14000	4297		18000	8297	
augustus	3,06	3392	10366	11000	634		10000	-366		12000	1634	
september	3,06	1766	5397	25000	19603		22000	16603		28000	22603	
oktober	3,06	832	2543	10000	7457		9000	6457		11000	8457	
november	3,06	142	434	60000	59566		54000	53566		66000	65566	
december	3,06	61	186	55000	54814		49000	48814		61000	60814	
Totaal		13705	41881	388000	346119		347000	305484	-366	429000	387119	

Tabel: Energiebalans keten composiet sluisdeur + windturbine

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met de composiet sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 2511734
Keten energiebron 210545 [5x 42109]
Totaal 2722279 kWh

Energieverbruik per jaar
2722279 : 65 = 41881 kWh

Energieverbruik per schutting
41881 : 13705 = 3,06 kWh

Daarmee geeft composiet een energievermindering ten opzicht van het huidige staal.
(staal, 3100992 kWh = 100%, en composiet + windturbine, 2722279 kWh = 88%) van 12%

Het totaal energieverbruik van het keten van de houten sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van de windturbine als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten houten sluisdeur + keten windturbine

Energiebalans Windenergie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest positieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort		over	tekort
januari	5,12	35	179	52000	51821		47000	46821		57000	56821	
februari	5,12	49	251	50000	49749		45000	44749		55000	54749	
maart	5,12	115	588	35000	34412		31000	30412		39000	38412	
april	5,12	568	2906	32000	29094		29000	26094		35000	32094	
mei	5,12	1628	8328	26000	17672		23000	14672		29000	20672	
juni	5,12	1942	9934	16000	6066		14000	4066		18000	8066	
juli	5,12	3175	16241	16000		-241	14000		-2241	18000		1759
augustus	5,12	3392	17351	11000		-6351	10000		-7351	12000		-5351
september	5,12	1766	9034	25000	15966		22000	12966		28000	18966	
oktober	5,12	832	4256	10000	5744		9000	4744		11000	6744	
november	5,12	142	726	60000	59274		54000	53274		66000	65274	
december	5,12	61	312	55000	54688		49000	48688		61000	60688	
Totaal		13705	70105	388000	324487	-6592	347000	286487	-9592	429000	364246	-5351

Tabel: Energiebalans keten houten sluisdeur + windturbine

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 4346310

Keten energiebron 210545 [5x 42109]

Totaal 4556855 kWh

Energieverbruik per jaar

4556855 : 65 = 70105 kWh

Energieverbruik per schutting

70105 : 3705 = 5,12 kWh

Daarmee geeft composiet een energievermindering ten opzicht van het huidige staal.

(staal, 3100992 kWh = 100%, en composiet + zonnepaneel, 2526044 kWh = 81%) van 19%

4.4.3 Zonne-energie

Het 'Landelijk Opbrengst Berekening' is een berekening van de producties van zonnestroominstallaties met verschillende oriëntaties op vijf locaties in Nederland. De uitkomsten van de monitoring worden in een maandelijks overzicht gepubliceerd op de site van Sidera¹⁴. De installatie met de optimale opbrengst staat volledig naar het zuiden gericht met een hellingshoek van 40° en geplaatst onder obstakels die 5% van de hemelkoepel bedekken. Voor de gemiddelde opbrengst is dit gelijk maar dan gericht naar het zuidwesten. De opbrengsten van het meetstation Rotterdam zijn meegenomen binnen dit onderzoek. De opbrengsten per maand over de jaren 2011 tot en met 2016 zijn verwerkt in een overzicht zoals weergegeven in de tabel hieronder. De waarden in de tabel geven de opbrengst kWh per Wattpiek (Wp) weer.

Voorbeeld berekening

Een zonnepaneel met 300 Wp geeft in de maand januari een totale opbrengst met een optimaal systeem van $31 \text{ kWh/ Wp} \times 300 \text{ Wp} = 9300 \text{ kWh}$

Opbrengst uitgedrukt in kWh/ Wp

maand	opbrengst optimaal	opbrengst minst		maand	gemiddeld	2011	2012	2013	2014	2015	2016		Procentueel verschil tov gemiddelde	
													+	-
januari	31	17		januari	22	20	22	31	17	21	22		41	23
februari	49	26		februari	41	26	47	38	39	49	48		20	37
maart	94	67		maart	81	83	77	67	94	77	85		16	17
april	124	81		april	108	123	81	105	103	124	114		15	25
mei	133	105		mei	123	133	121	105	117	132	129		8	15
juni	133	100		juni	116	112	100	114	133	131	103		15	14
juli	131	101		juli	119	101	111	131	122	122	126		10	15
augustus	124	93		augustus	109	93	113	111	101	114	124		14	15
september	97	77		september	85	80	90	77	85	80	97		14	9
oktober	63	46		oktober	56	63	46	51	49	61	63		13	18
november	33	19		november	26	33	21	19	32	24	27		27	27
december	22	12		december	17	15	12	22	15	17	19		29	29

Tabel: Overzicht opbrengst zonne-energie Zuidwest-Nederland

In de afbeelding hieronder is de berekening weergegeven van de hoeveelheid benodigde zonnepanelen om te kunnen voorzien in de benodigde energie per maand voor het keten van de huidige stalen sluisdeur inclusief keten zonnepaneel.

De hoeveelheid benodigde zonnepanelen wordt bepaald door de hoeveelheid benodigde energie te delen door de efficiëntie van het zonnepaneel. De efficiëntie is het percentage wat het zonnepaneel mogelijk opwekt. De aanname voor de efficiëntie van het zonnepaneel binnen dit onderzoek is 85%. De efficiëntie is gebaseerd op de veroudering van het zonnepaneel waar de kwaliteit van opwekking na 10 jaar terug gaat naar 90% en na 25 jaar nog 80% is.

Keten stalen sluisdeur + keten zonnepaneel

Gegevens zonnepaneel:

Vermogen	300 Wattpiek [Wp]
geeft	300 Wattuur
=	0,3 kWh
Efficiëntie zonnepaneel	0,85 [85%]
Oppervlakte zonnepaneel	1,65 m2 [1,65 x 1,0m]
Benodigde energie sluisdeur	47928 kWh/ jaar

Benodigd Wattpiek = efficiëntie zonnepaneel van
het totaal energieverbruik/ maand

$$47928 : 0,85 = 56386 \text{ kWh}$$

Benodigde zonnepanelen = benodigd Wattpiek
delen door vermogen/ zonnepaneel

$$56386 : 300 = 188 \text{ stuks}$$

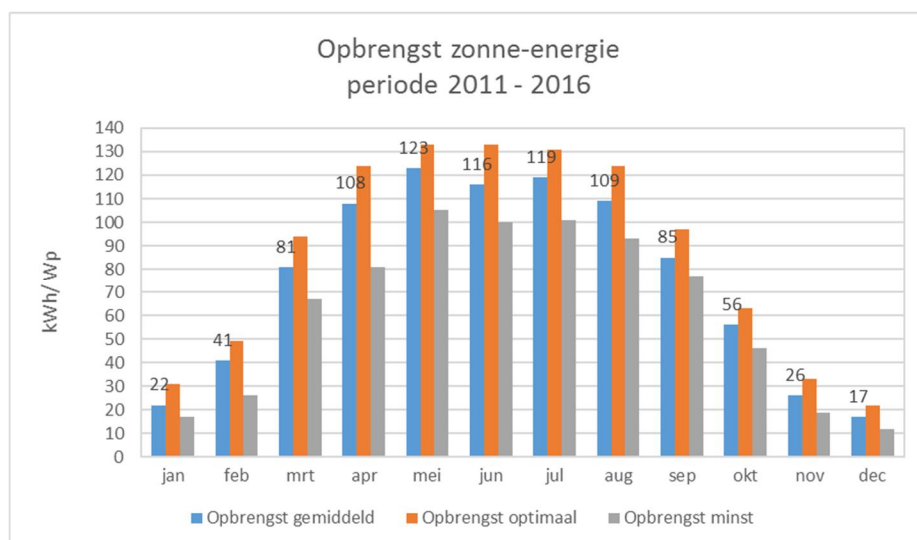
Benodigde oppervlakte = benodigde
zonnepanelen x opp zonnepaneel

$$188 \times 1,65 = 310 \text{ m2/ totaal}$$

Afbeelding: Berekening hoeveelheid benodigde zonnepanelen

¹⁴ Bron: https://www.sidera.nl/zonne-energie/maandarchief/lobmnd4/lob_mnd_apr.html

De gemiddelde opbrengsten van zonne-energie binnen Zuidwest-Nederland is per maand over de jaren 2011 tot en met 2016 weergegeven in de grafiek hieronder. De opbrengsten zijn uitgedrukt in kWh/ Wp en komen uit de tabel 'Overzicht opbrengst zonne-energie Zuidwest-Nederland' die hiervoor is beschreven. De grafiek geeft een duidelijk beeld van het verloop van opbrengsten.



Afbeelding: Verloop opbrengst zonne-energie per maand

In het volgende overzicht is het energieverbruik binnen het keten van het zonnepaneel weergegeven. Voor de onderbouwing van het energieverbruik per ketenfase wordt verwezen naar de berekening in bijlage B.8

Gegevens zonnepaneel:

Vermogen	300 Wattpiek [Wp]
Opwekking	300 Wattuur
=	0,3 kWh
Efficiëntie zonnepaneel	0,85 [85%]
Oppervlakte zonnepaneel [1,65 x 1,0m]	1,65 m ²
Levensduur	25 jaar
Onderhoud [levensduur omvormer]	15 jaar

Energieverbruik keten waterturbine

<u>Realisatie, nieuw</u>	
Productie [kantoor/ werkplaats, mobiliteit]	1731 kWh
Leverantie, montage [kantoor, mobiliteit]	1501 kWh
<u>Gebruik</u>	0 kWh
<u>Onderhoud</u> [3x binnen levensduur]	
Aannemer [kantoor, mobiliteit]	247 kWh
<u>Realisatie, nieuw</u>	
Verwijderen en afvoeren [mobiliteit]	1291 kWh

Totaal energieverbruik	4770 Kwh
------------------------	----------

Tabel: Energieverbruik keten zonnepaneel

Effect van zonnepaneel met materiaalsoort op energiebalans keten sluisdeur

Om een beeld te krijgen wat de invloed is van het zonnepaneel binnen de energiestroming van het keten van de sluisdeur wordt een energiebalans gepresenteerd. De energiebalans geeft een overzicht met de benodigde energie per maand voor zowel het keten van het zonnepaneel als het keten van de sluisdeur. Deze benodigde energie dient met het

zonnepaneel te worden opgewekt. De energiebalans geeft een maandelijks resultaat weer van de capaciteit.

Er wordt per materiaalsoort een overzicht gepresenteerd met de energiebalans van het zonnepaneel als energiebron binnen het keten van de sluisdeur. De vergelijking van het effect van het zonnepaneel met het materiaalsoort is in de periode vanaf 2021 tot en met 2086.

Het zonnepaneel heeft een verwachte levensduur van 25 jaar. Binnen de resterende levensduur van de huidige sluisdeur betekend dat deze 3 keer vervangen dient te worden. De totaal benodigde energie van het zonnepaneel komt daarmee op circa 14310 kWh binnen de genoemde periode. De energiebehoefte van het keten van de sluisdeur verschilt per materiaalsoort.

Het totaal energieverbruik van het keten van de huidige stalen sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 3100992 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van het zonnepaneel als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten huidige stalen sluisdeur + keten zonnepaneel
Energiebalans Zonne-energie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest positieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort		over	tekort
Januari	3,50	35	122	1250	1128		959	837		1748	1626	
februari	3,50	49	171	2322	2151		1466	1295		2764	2593	
maart	3,50	115	402	4540	4138		3779	3377		5302	4900	
april	3,50	568	1986	6110	4124		4568	2582		6994	5008	
mei	3,50	1628	5693	6928	1235		5922	229		7501	1808	
juni	3,50	1942	6791	6514		-277	5640		-1151	7501	710	
juli	3,50	3175	11103	6702		-4401	5696		-5407	7388		-3715
augustus	3,50	3392	11862	6166		-5696	5245		-6617	6994		-4868
september	3,50	1766	6176	4785		-1391	4343		-1833	5471		-705
oktober	3,50	832	2910	3130	220		2594		-316	3553	643	
november	3,50	142	497	1466	969		1072	575		1861	1364	
december	3,50	61	213	940	727		677	464		1241	1028	
Totaal		13705	47928	50853	14691	-11766	41961	9358	-15324	58318	19679	-9288

Tabel: Energiebalans keten huidige sluisdeur + zonnepaneel

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met huidige stalen sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 3100992

Keten energiebron 14310 [3x 4770]

Totaal 3115302 kWh

Energieverbruik per jaar

3115302 : 65 = 47928 kWh

Energieverbruik per schutting

47928 : 13705 = 3,50 kWh

Opwekking energie per maand is als volgt bepaald.

$\text{kWh/ kWp per maand} \times \text{kWp} = \text{kWh per maand}$

$\text{kWp} = ([\text{aantal zonnepanelen} \times 300 \text{ Wp}] / 1000)$

De berekening van de opwekking energie per maand in de tabel is in bijlage B.10 ondergebracht

Het totaal energieverbruik van het keten van de composiet sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 2511734 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van het zonnepaneel als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten composiet sluisdeur + keten zonnepaneel

Energiebalans Zonne-energie												
Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest positieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort		over	tekort
januari	2,84	35	99	1017	918		780	681		1423	1324	
februari	2,84	49	139	1890	1751		1193	1054		2249	2110	
maart	2,84	115	326	3695	3369		3075	2749		4315	3989	
april	2,84	568	1611	4973	3362		3718	2107		5692	4081	
mei	2,84	1628	4616	5638	1022		4820	204		6105	1489	
juni	2,84	1942	5507	5301		-206	4590		-917	6105	598	
juli	2,84	3175	9003	5454		-3549	4636		-4367	6013		-2990
augustus	2,84	3392	9618	5018		-4600	4269		-5349	5692		-3926
september	2,84	1766	5008	3894		-1114	3534		-1474	4452		-556
oktober	2,84	832	2359	2547	188		2111		-248	2892	533	
november	2,84	142	403	1193	790		872	469		1515	1112	
december	2,84	61	173	765	592		551	378		1010	837	
Totaal		13705	38862	41385	11992	-9469	34149	7642	-12355	47463	16073	-7472

Tabel: Energiebalans keten composiet sluisdeur + zonnepaneel

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met de composiet sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 2511734

Keten energiebron 14310 [3x 4770]

Totaal 2526044 kWh

Energieverbruik per jaar

$2526044 : 65 = 38862 \text{ kWh}$

Energieverbruik per schutting

$38862 : 13705 = 2,84 \text{ kWh}$

Opwekking energie per maand is als volgt bepaald.

$\text{kWh/ kWp per maand} \times \text{kWp} = \text{kWh per maand}$

$\text{kWp} = ([\text{aantal zonnepanelen} \times 300 \text{ Wp}] / 1000)$

De berekening van de opwekking energie per maand in de tabel is in bijlage B.11 ondergebracht

Het totaal energieverbruik van het keten van de houten sluisdeur binnen de periode van 2021 tot en met 2086 is circa 4346310 kWh. Dit overzicht is weergegeven in de resultaten van deelvraag 3. Aan de hand van het bekende energieverbruik van zowel het keten van het zonnepaneel als sluisdeur is de energiebalans opgemaakt zoals hieronder weergegeven in de tabel.

Keten houten sluisdeur + keten zonnepaneel

Energiebalans Zonne-energie

Maand	Benodigde energie per schutting [kWh]	Aantal Schuttingen	Benodigde energie totaal keten/ maand [kWh]	Opwekking energie per maand [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]		Meest positieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]	
					over	tekort		over	tekort		over	tekort
januari	4,90	35	171	1749	1578		1341	1170		2446	2275	
februari	4,90	49	240	3248	3008		2051	1811		3866	3626	
maart	4,90	115	563	6351	5788		5286	4723		7417	6854	
april	4,90	568	2780	8548	5768		6391	3611		9784	7004	
mei	4,90	1628	7969	9692	1723		8285	316		10494	2525	
juni	4,90	1942	9506	9113		-393	7890		-1616	10494	988	
juli	4,90	3175	15542	9376		-6166	7969		-7573	10336		-5206
augustus	4,90	3392	16604	8626		-7978	7338		-9266	9784		-6820
september	4,90	1766	8645	6693		-1952	6075		-2570	7653		-992
oktober	4,90	832	4073	4379	306		3629		-444	4971	898	
november	4,90	142	695	2051	1356		1499	804		2604	1909	
december	4,90	61	299	1315	1016		947	648		1736	1437	
Totaal		13705	67086	71141	20543	-16488	58701	13083	-21468	81585	27516	-13017

Tabel: Energiebalans keten houten sluisdeur + zonnepaneel

Hierbij een beknopte onderbouwing van de cijfers in de energiebalans met de houten sluisdeur.

Benodigde energie periode 2021 -2086

Keten sluisdeur 4346310

Keten energiebron 14310

Totaal 4360620 kWh

Energieverbruik per jaar

4360620 : 65 = 67086kWh

Energieverbruik per schutting

67086 : 13705 = 4,90 kWh

Opwekking energie per maand is als volgt bepaald.

kWh/ kWp per maand x kWp = kWh per maand

kWp = ([aantal zonnepanelen x 300 Wp]/ 1000)

De berekening van de opwekking energie per maand in de tabel is in bijlage B.9 ondergebracht

Effect van energiebron op het materiaalsoort met het minste energieverbruik binnen het keten van de sluisdeur

Uit de resultaten van deelvraag 3 is gebleken dat composiet het materiaal is wat het minst aan energie verbruikt binnen het keten van de sluisdeur. In de tabellen hieronder wordt het opwekken van de benodigde energie in de meest negatieve situatie per energiebron voor de composiet sluisdeur beschreven.

Keten composiet sluisdeur + keten waterturbine

Energiebalans Getijdenenergie

Maand	Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh] over	tekort	Batterij proces	Batterij opslag capaciteit
januari	28000	27886		27886	
februari	28000	27840		27840	
maart	28000	27624		27624	
april	28000	26142		26142	
mei	28000	22675		22675	
juni	28000	21648		21648	
juli	28000	17615		17615	
augustus	28000	16905		16905	
september	28000	22223		22223	
oktober	28000	25279		25279	
november	28000	27536		27536	
december	28000	27800		27800	
Totaal	336000	291171		291171	

Keten composiet sluisdeur + keten windturbine

Energiebalans Windenergie

Maand	Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh] over	tekort	Batterij proces	Batterij opslag capaciteit
januari	47000	46893		46893	
februari	45000	44850		44850	
maart	31000	30649		30649	
april	29000	27264		27264	
mei	23000	18025		18025	
juni	14000	8065		8065	
juli	14000	4297		4297	
augustus	10000		-366	-366	180043
september	22000	16603		16603	179677
oktober	9000	6457		6457	
november	54000	53566		53566	
december	49000	48814		48814	
Totaal	347000	305484	-366	305117	305117

Keten composiet sluisdeur + keten zonnepaneel

Energiebalans Zonne-energie

Maand	Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh] over	tekort	Batterij proces	Batterij opslag capaciteit
januari	780	681		681	
februari	1193	1054		1054	
maart	3075	2749		2749	
april	3718	2107		2107	
mei	4820	204		204	
juni	4590		-917	-917	6795
juli	4636		-4367	-4367	
augustus	4269		-5349	-5349	
september	3534		-1474	-1474	
oktober	2111		-248	-248	
november	872	469		469	
december	551	378		378	
Totaal	34149	7642	-12355	-4713	-4713

De waterturbine kan maandelijks voorzien in de benodigde energie voor het keten van de composiet sluisdeur;

De overcapaciteit kan terug geleverd worden aan het net.

Er vindt continu maandelijks overcapaciteit plaats. De overcapaciteit wordt niet op locatie besteedt en daarmee heeft het lokaal opslaan hiervan geen zin.

De windturbine kan maandelijks voorzien in de energiebehoefte voor het keten van de composiet sluisdeur.

In de maand augustus wordt er minder energie opgewekt dan de benodigde energiebehoefte. Het minimale tekort kan opgevangen worden door levering van het net.

Andere mogelijkheid is dat het tekort aan energie in de voorafgaande maand lokaal wordt opgeslagen in de vorm van een batterij als opslagmedium.

Het zonnepaneel kan in de eerste helft van het jaar voorzien in de benodigde energiebehoefte. In juni begint het tekort aan energievoorziening en loopt op tot augustus waarna het tekort weer afzwakt. De overcapaciteit in de voorafgaande maanden is niet voldoende om het volledige tekort in de navolgende maanden te compenseren. Deze tekorten zouden aangevuld kunnen worden door levering van het net. Ander mogelijkheid is het leveren van energie van de waterturbine die maandelijks een grote overcapaciteit levert. De windturbine heeft in de maand augustus een tekort aan energieopwekking maar heeft in de voorafgaande maanden voldoende overcapaciteit om voldoende energie lokaal op te slaan in een batterij. Daarnaast kan worden gekeken of uitbreiding van zonnepanelen mogelijk is om zo te kunnen voorzien in de benodigde behoefte van het keten van de composiet sluisdeur.

De hoeveelheid zonnepanelen van 153 stuks voorziet in de gemiddelde energiebehoefte. Bij de meest negatieve energieopwekking kunnen de 153 stuks zonnepanelen niet voorzien in maandelijkse energiebehoefte van de 2^e helft van het kalenderjaar. Om hier ook in de meest negatieve energieopwekking te kunnen voorzien in de energiebehoefte met zonnepanelen zal de hoeveelheid stuks verhoogd moeten worden. De tabel hieronder laat zien dat de aanpassing van de hoeveelheid zonnepanelen van 153 naar 180 stuks à 300 Wp kan voorzien in de maandelijkse energiebehoefte van het keten van de composiet sluisdeur.

Voor de onderbouwing van de tabel wordt verwezen naar de berekening die is bijgesloten in bijlage B.12.

Binnen het proces van energieopwekking is het mogelijk om in de maanden januari tot en met mei de overcapaciteit lokaal op te slaan in de vorm van een batterij. De lokaal opgeslagen capaciteit kan in de maanden juni tot en met september de tekort komende energie aanvullen. Na september is er weer overcapaciteit tot en met mei in het kalenderjaar daarop die lokaal kan worden opgeslagen. Hiermee is energiecycclus gesloten voor de benodigde energie van het keten van de composiet sluisdeur inclusief het keten van het zonnepaneel.

Keten composiet sluisdeur + keten zonnepaneel
Energiebalans Zonne-energie

Maand	Meest negatieve opwekking energie [kWh]	Capaciteit [kWh]		Batterij proces	Batterij opslag capaciteit
		over [kWh]	tekort		
januari	918	819		819	
februari	1404	1265		1265	
maart	3618	3292		3292	
april	4374	2763		2763	
mei	5670	1054		1054	9193
juni	5400		-107	-107	
juli	5454		-3549	-3549	
augustus	5022		-4596	-4596	
september	4158		-850	-850	
oktober	2484		125	125	91
november	1026	623		623	
december	648	475		475	
Totaal	40176	10291	-8977	1314	1314

Tabel: Herziene energiebalans keten composiet sluisdeur + zonnepaneel

5 Conclusie

Na het presenteren van de resultaten volgen in dit hoofdstuk de conclusies van het onderzoek. De conclusies worden per deelvraag vastgesteld. Als slot de conclusie op de hoofdvraag.

5.1 Deelvraag 1 – Waaruit bestaat huidig keten sluisdeur 'Goese Sas'?

Om een uitspraak te kunnen doen over het huidig keten van de sluisdeur 'Goese Sas' is aan de hand van de ontvangen informatie van de gemeente Goes over de huidige situatie van de sluisdeur zoals materiaal, onderhoud, levensduur en gebruik, de ketenfases vastgesteld. De taken binnen de ketenfases zijn voor 25% ingevuld door de gemeente Goes, betreffende het gebruik van de sluisdeur. Het gebruik is een continu proces binnen het keten. De taken binnen de ketenfases realisatie en onderhoud zijn ingevuld door externe organisaties. Het houden aan het onderhoudsprogramma van de stalen sluisdeur is van essentieel belang om de verwachte levensduur van 100 jaar te kunnen halen.

Kansen

- De gemeente Goes zou mogelijk taken van advies/ en ingenieursbureau zelf kunnen uitvoeren; welke mogelijk leidt tot het weghalen van een ketenpartner;
- Het gebruik van sluisdeur neemt toe - financieel voordeel als gevolg door toename van inkomsten van sluisgebruiker;
- Afname gebruik van sluisdeur, welke leidt minder slijtage van de sluisdeur

Risico's

- Aanpassen/ vervangen van sluisdeur voor einde levensduur in verband met toename waterspiegel als gevolg van klimaatverandering – financieel nadeel als gevolg van verkorte afschrijving van huidige sluisdeur
- Het gebruik van sluisdeur neemt af - financieel nadeel als gevolg door vermindering van inkomsten van sluisgebruiker;
- Onderhoud van de sluisdeur neemt toe - financieel nadeel door stijging onderhoudskosten;
- Toename onderhoud van de sluisdeur door veroudering materiaal.

5.2 Deelvraag 2 – Wat is het energieverbruik binnen huidig keten sluisdeur?

Uit onderzoek naar het energieverbruik binnen het huidig keten van de sluisdeur blijkt dat het gebruik van de sluisdeur, het openen en sluiten van de sluisdeur tijdens het schutproces een continu energieverbruik heeft. Daarbij komt om de 15 jaar het energieverbruik van het onderhoud. Dat is 82% extra energiebehoefte binnen het betreffende jaar ten opzichte van het regulier energieverbruik ten behoeve van het gebruik van de sluisdeur. De realisatie bestaand uit nieuw en sloop komt samen op het moment van vervangen van de sluisdeur. Hierbij is 85% extra energiebehoefte nodig ten opzichte van het continu energieverbruik voor gebruik.

Kansen

- Mogelijk eerder dan gepland vermindering van energieverbruik omdat sluisdeur vervangen moet worden voor einde levensduur in verband met toename waterspiegel als gevolg van klimaatverandering.
- Afname gebruik van sluisdeur leidt mogelijk tot vermindering van energieverbruik;

- De gemeente Goes kan mogelijk taken van advies/ en ingenieursbureau zelf uitvoeren, welke leidt tot vermindering energie verbruik door het weghalen van een ketenpartner.

Risico's

- wijziging energiebalans als gevolg van het eerder vervangen/aanpassen sluisdeur in verband met toename waterspiegel als gevolg van klimaatverandering –
- wijziging energiebalans door toename gebruik sluisdeur;
- Toename onderhoud is afhankelijk van het opvolgen van het onderhoudsprogramma van de sluisdeur. Bij nalatigheid van het onderhoud zal het onderhoud toenemen in resterende levensduur.
- De gemeente Goes gaat taken van advies/ en ingenieursbureau zelf uitvoeren met als risico verschuiving van energieverbruik onder de ketenpartners binnen het keten van de sluisdeur;

5.3 Deelvraag 3 - Heeft wijziging materiaalsoort effect op energieverbruik?

Uit onderzoek naar het effect van het materiaalsoort op het energieverbruik blijkt dat het materiaalsoort composiet het minst aan energie benodigd binnen het totale keten van de sluisdeur.

Het materiaal heeft in vergelijking met de materialen hout en staal wel meer energie nodig binnen de ketenfase realisatie. Daar tegenover staat dat het materiaal veel lichter is dan de vergelijkende materialen en daarmee minder energie benodigd voor transport en hijsmiddelen. Daarbij komt dat composiet geen onderhoud benodigd ten opzichte van de andere materialen. Het materiaalsoort composiet heeft 390 MWh minder aan energie benodigd dan de huidige stalen sluisdeur tot einde levensduur.

Kansen

- Energievermindering als gevolg van vermindering van het aandrijvingsvermogen door het lichte gewicht van de composiet sluisdeur.
- Mogelijk minder energieverbruik bij hijsmaterieel en transport als gevolg van composiet sluisdeur die minder in gewicht is;
- Grote kans dat het materiaal composiet bijdraagt aan vermindering van de energiebehoefte binnen het keten van sluisdeur.

Risico's

- Risico op hoge investeringskosten als gevolg van vroegtijdig vervangen van sluisdeur.
- De verwachte levensduur van composiet is > 100 jaar. Er is echter nog geen sluitend bewijs te leveren omdat het vakgebied daarvoor nog te jong is. Wel zijn er tests gedaan die aangeven dat de levensduur van 100 jaar haalbaar zijn. Het materiaal is uitvoerig getest door TU Delft en Kenniscentrum Wind Materials Constructions. In deze tests werd een monster blootgesteld aan een belasting die gelijk stond aan een levensduur van 150 jaar.
- Extra aanpassing van bestaande ophanging in het sluishoofd als gevolg van nieuwe sluisdeur. Een constructieve berekening zal dit uit moeten sluiten.

5.4 Deelvraag 4 – Wat is het effect van energiebron op energieverbruik

Waterturbine

Het lokaal opwekken van energie uit water met behulp van een waterturbine is niet mogelijk. Voor het opwekken van getijdenenergie is het referentieproject bij de Oosterscheldekering een uitstekende locatie. Door het vaste ritme van eb en vloed doen zich hier krachtige waterstromen voor. Daarmee kan op een veilige en voorspelbare wijze door middel van de turbines stroom worden opgewekt. De energieopbrengst is circa 28 MWh per maand. Dit is 40% meer dan de theoretische opbrengst van circa 20MWh. Met maandelijkse energieopwekking kan ruimschoots voorzien worden in de benodigde energie voor het keten van de sluisdeur die zo'n 15% betreft van de maandelijkse energieopbrengst. Investeren in duurzame energie is op deze locatie mogelijk om te voorzien in de benodigde energie voor het keten van de sluisdeur.

Kansen

- Met een investering in duurzame energie op afstand, geen onderhoudskosten aan energiebron;
- 100% investeren in gepaste energiebehoefte;
- Energieopbrengst is veilig en voorspelbaar;
- Energiebron kan voorzien in energiebehoefte van de onderzochte materiaalsoorten voor de sluisdeur.

Risico's

- Is uitbreiding investering mogelijk bij toename energiebehoefte?;

Windturbine

Het aanbod van opbrengst met behulp van windenergie werkt tegenovergesteld aan vraag naar benodigde energie per maand. Met de windturbine 'Goese Sas' als referentie kan maandelijks in de energiebehoefte worden voorzien. Voor de minst efficiënte energieopwekking is 10% in mindering gebracht ten opzichte van de gemiddelde opbrengst. De maand augustus lijkt cruciaal om te kunnen voorzien in de energiebehoefte. In deze maand komen opbrengst en energiebehoefte relatief dicht bij elkaar.

De onderzochte materiaalsoorten met uitzondering van hout kunnen maandelijks worden voorzien in energiebehoefte voor het keten van de sluisdeur inclusief keten windturbine met de gemiddelde energieopbrengsten. De mogelijkheid is er om het tekort in de maanden juli en augustus te samen van circa 10 MWh aan te vullen door in de voorafgaande maanden de overcapaciteit lokaal op te slaan in de vorm van een batterij.

Bij de minst negatieve energieopwekking treedt bij de huidige stalen sluisdeur een tekort in de maand augustus van zo'n 2 MWh. Dit kan worden opgevangen door voorafgaande maanden deels van de overcapaciteit lokaal op te slaan. Het tekort van 366 kWh in de maand augustus bij composiet is te verwaarlozen.

Met de meest negatieve energieopbrengst levert de windturbine maandelijks een overcapaciteit variërend van 5 tot 50 MWh. De benodigde energie is circa 13% van de totale energieopbrengst. Daarmee is lokaal windenergie opwekken niet rendabel genoeg. Investeren in duurzame energie als windenergie is een alternatief om zo te investeren in de benodigde energieopwekking ten behoeve van het keten van de sluisdeur.

Kansen

- Energieopbrengst van wind is tegenovergesteld aan de energieopbrengst van zonne-energie. Kan elkaar aanvullen in energievoorziening;
- Investering in windenergie is mogelijk in 2017 in windpark 'Krammer'¹⁵ tussen Zeeland en West-Brabant.

Risico's

- Energieopbrengst afhankelijk van de hoeveelheid wind en de windsnelheid;
- Geen energieopbrengst bij onderhoud;
- Het risico bestaat dat met de investering op afstand in duurzame energie minder aandacht is voor energieneutraliteit van de benodigde behoefte binnen organisatie;

Zonnepaneel

De opbrengst van zonne-energie loopt gelijk aan de benodigde energie per maand. Een zonnepaneel heeft een laag energieverbruik binnen zijn keten. Je kunt de hoeveelheid zonnepanelen ook relatief goed afstemmen op de totale benodigde energie. In verhouding met de waterturbine en windturbine kent de zonnepaneel geen onderhoud en heeft de langste levensduur. Een lokale energieopwekking met behulp van zonnepanelen is mogelijk.

Kansen

- Weinig tot geen onderhoud genodigd;
- Locatie vrij van obstakels, biedt gunstige mogelijkheden voor energieopwekking.
- Investering in zonne-energie is mogelijk in 2018 in zonnepark 'Solarpark Scaldia' in de provincie Zeeland;

Risico's

- Weersafhankelijk, geen zon, wolkenveld minder opbrengst als gevolg;
- Energiebehoefte is de groot ten opzicht van de hoeveelheid te plaatsen zonnepanelen op locatie.

¹⁵ Bron: <http://www.windparkkrammer.nl/>

5.5 Slotconclusie

De belangrijkste conclusie van het onderzoek is dat de verandering van materiaal staal naar composiet binnen de termijn van 2021 – 2086 een vermindering van 19% energieverbruik laat zien en bij hout een stijging van 40% energieverbruik. Voor de verandering van energiebron binnen het keten van de sluisdeur 'Goese Sas' bij verandering in composiet geldt dat met zonne-energie 19% in energieverbruik afneemt, met windenergie 12% verminderd in energieverbruik en met getijdenenergie middels waterturbine 6% energieverbruik afneemt.

Als antwoord op in relatie tot de centrale vraag

Hoe ziet het energieneutraal keten van de sluisdeur eruit, de energie die benodigd is voor realisatie, gebruik en onderhoud

Zal het vervangen van de huidige sluisdeur door het materiaal composiet en het opwekken van de benodigde energiebehoefte met behulp van een duurzame energiebron het begin zijn naar een energieneutraal keten van de sluisdeur. De trends en veranderingen van de komende tijd zoals de ontwikkelingen van elektrische mobiliteit zal een positieve invloed hebben op het energieneutraal maken van het keten.

Met het huidige keten van de sluisdeur is de benodigde energie verspreid over meerdere organisaties. Deze brede betrokkenheid van meerdere organisaties biedt meer kans om te komen tot een energieneutraal keten van de sluisdeur 'Goese Sas'. De betrokken organisaties zullen zich meer bewust worden van het energieverbruik in relatie tot de sluisdeur als zij hierin zelf moeten voorzien door middel van het opwekken van duurzame energie. Het vervangen van de huidige stalen sluisdeur door een composiet sluisdeur draagt bij aan het verminderen van benodigde energie binnen het keten van de sluisdeur.

6 Aanbeveling

De aanbevelingen zijn gebaseerd op het proces naar een energieneutraal keten van de sluisdeur 'Goese Sas'.

Stimuleren duurzame energie bij ketenpartners

Belangrijk is om de ketenpartners te betrekken in het proces naar het energieneutraal keten. De ketenpartners moeten bewust gemaakt worden van hun energieverbruik. Zodat vervolgens door de betrokken organisaties gekeken kan worden waar vermindering van energieverbruik mogelijk is. Daarnaast dient de ketenpartner zelf te voorzien in zijn benodigde energie door deze te verkrijgen door middel duurzame energieopwekking. Van de ketenfases binnen het energieneutraal keten van de sluisdeur blijft het gebruik van de sluisdeur waarvan het energieverbruik toe behoort aan de opdrachtgever.

Vervangen huidige sluisdeur door composiet sluisdeur

Het vervangen van de huidige stalen sluisdeur door een sluisdeur van het materiaal composiet zal bijdragen aan vermindering van energieverbruik binnen het keten van de sluisdeur.

Toepassen zonnepaneel

De benodigde energie voor het keten van de sluisdeur inclusief keten energiebron lokaal opwekken met een duurzame energiebron is het meest efficiënts met zonnepaneel als energiebron. Het zonnepaneel verbruikt het minst aan energie binnen het keten.

Toepassen in projecten

Het proces naar het energieneutraal keten van de sluis 'Goese Sas' is te gebruiken binnen andere projecten. De aanpak van het proces kan als basis dienen naar een energieneutraal project.

Naast de bevindingen van het onderzoek zijn er andere aspecten buiten de scope van dit onderzoek die invloed kunnen hebben op het realiseren van een energieneutraal keten van de sluisdeur. Het verdient de aanbeveling om onderstaande zaken nader te onderzoeken:

- Klimaat: wat heeft de klimaatverandering voor invloed op de constructie van de sluisdeur?
- Constructief: wat heeft de wijziging van het materiaalsoort voor invloed op de constructie van de sluisdeur?
- Financieel: wat zijn de exacte consequenties voor het doorvoeren van de veranderingen?
- Sluiscomplex: wat zijn de mogelijkheden naar een totaal energieneutraal sluiscomplex?

Bronnenlijst

Websites

Omrekenfactoren

<http://convertlive.com/nl/u/converteren/joule-per-seconde/naar/kilowatt>

<https://co2emissiefactoren.nl/>

<http://www.vitosol.nl/vitosol/3000/nl/conversie.html>

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzame/energie/begrippenlijst/begrippenlijst/?BgrIdt=112480>

<http://www.sweco.nl/over-ons/duurzaamheid/>

http://www.nsjaarverslag.nl/jaarverslag-2016/energie3/a1128_Energie

<https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>

Materiaal

<http://www.polyproducts.nl/mvo/recycling-composieten/>

http://www.fibercore-europe.com/index.php?option=com_content&view=article&id=463:wereldprimeur-grootste-sluideuren-van-vezelversterkte-kunststof-geplaatst-in-wilhelminakanaal-tilburg&catid=21:nieuws&Itemid=6&lang=nl

<http://www.npsp.nl/textpage3.asp?ID=8>

<http://gwwmaterialen.blogspot.nl/p/soortelijk-gewicht.html>

https://nl.wikipedia.org/wiki/Soortelijke_massa_van_vloeistoffen

<http://www.wijma.com/nl>

<http://www.infracore.nl/nl/>

<https://www.hakkers.com/>

<http://www.shr.nl/uploads/pdf-presentaties/rb-2007-houten-sluideuren-ad-wesselink-en-jeroen-hakkers.pdf>

Duurzame energie

<http://www.e2energie.nl/jaaroverzicht-zonuren-2016>

http://www.hetzonnecollectief.nl/pagina.cfm?pag_titel=gemiddeld-aantal-zonuren-in-nederland&pag_uuid=C517A6DE-08D2-4613-862405761F34FA91

<http://cleartechnology.nl/stroom-uit-eb-en-vloed/>

<http://www.wanttoknow.nl/zo-kan-het-ook/getijdecentrale-in-de-oosterschelde/>

<https://www.zwdelta.nl/projecten/pilot-getijdenenergie-oosterscheldekering>

<http://www.windparkkrammer.nl/>

[http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php?wel=wind&ws=kaart&wom=Gemiddelde%20wind
snelheid](http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php?wel=wind&ws=kaart&wom=Gemiddelde%20wind%20snelheid)

<http://www.certiq.nl/zakelijk/>

<http://www.zeeuwind.nl/>

<http://www.tocardo.com/>

[https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i12816/sde-subsidie-toegekend-zeeland-
krijgt-zonnepark-van-50-megawattpiek](https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i12816/sde-subsidie-toegekend-zeeland-krijgt-zonnepark-van-50-megawattpiek)

<https://www.hetzoneffect.nl/Presentaties>