

RAPPORT

Kosten-batenanalyse warmtevoorziening

Zeeland Refinery CCS | KBA volgens EED-richtlijn
artikelen 8 en 14

Klant: Zeeland Refinery

Referentie: BH7639I&BRP004F01

Status: Definitief/01

Datum: 21 september 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
reception.ame-la@nl.rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: **Kosten-batenanalyse warmtevoorziening**

Ondertitel: **KBA warmte EED**
Referentie: **BH7639I&BRP004F01**
Status: **01/Definitief**
Datum: **21 september 2021**
Projectnaam:
Projectnummer: **BH7639-101-107**

Opgesteld door: **Royal HaskoningDHV**

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Achtergrond & scope	3
2.1	Wettelijk kader	3
2.2	Leeswijzer	4
3	Haalbaarheid hoogrenderende WKK (HR-WKK)	5
4	Haalbaarheid levering restwarmte	6
4.1	Locatie en omgeving	6
4.2	Ontwerpstrategie m.b.t. energie	7
4.3	Uit te koppelen warmte	8
4.4	Afzet van warmte	8
4.5	Kansen voor directe restwarmtebenutting in de omgeving	9
4.6	Conclusies haalbaarheid warmtelevering	9
5	Gebruik van restwarmte	10
6	Conclusies	11
7	Literatuur	12

1 Inleiding

De twee waterstoffabrieken (HPU1 en HPU2) op het terrein van Zeeland Refinery werken volgens het SMR-principe. Hierbij wordt in een fornuis een mengsel van aardgas en stoom omgezet in waterstof en CO₂. De fornuizen van de waterstoffabrieken worden gestookt op een mix van aardgas, raffinaderijgas en bijproducten van de waterstoffabrieken. Aardgas wordt in de waterstoffabrieken dus enerzijds gebruikt als grondstof om waterstof te maken en anderzijds als stookgas. De warmte die vrijkomt bij het proces wordt gebruikt om stoom te maken, die elders in de raffinaderij nuttig wordt gebruikt.

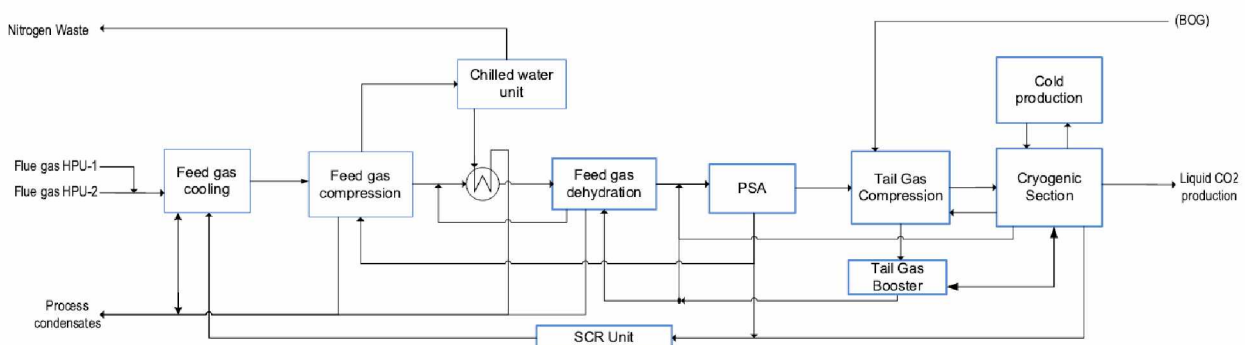
De afvanginstallatie

De rookgassen van de waterstoffabrieken vormen de voeding van de CO₂-afvanginstallatie. Deze stroom bevat circa 21% CO₂ op droge basis. Deze rookgassen worden eerst gekoeld, waarbij condenswater vrijkomt. Daarna wordt de stroom naar een compressor/expander gevoerd waar de druk verhoogd wordt naar circa 8 bara. Na elke compressiestap wordt het gas gekoeld en wordt condenswater afgevoerd. Na de compressor wordt het gedroogde rookgas naar de PSA gestuurd (Pressure Swing Adsorber) voor de verdere zuivering van de stroom. De voorgezuiverde stroom wordt in de compressor in twee stappen verder gecomprimeerd (36 bara).

Deze stroom gaat naar de cryogene sectie (coldbox) waar uiteindelijk de CO₂ wordt gekoeld en vloeibaar gemaakt bij een temperatuur van -26 °C en een druk van ongeveer 16 bara. Het afgas van de coldbox bestaat hoofdzakelijk uit stikstof. De vloeibare CO₂ uit de coldbox wordt tijdelijk opgeslagen in twee cilindrische opslagvaten van 6.000 m³ elk en afgevoerd per schip naar de uiteindelijke opslagbestemming. Voor de scheepsbelading wordt een jetty (pier) aangelegd in de Van Cittershaven en wordt vanaf de afvanginstallatie een CO₂-transportleiding aangelegd over het terrein van de raffinaderij naar de opslaglocatie en de jetty.

Het gezuiverde rookgas van de afvanginstallatie wordt via een nieuwe schoorsteen naar de atmosfeer geleid. De twee bestaande schoorstenen van de HPU1 en HPU2 worden niet meer gebruikt, behalve als de afvanginstallatie niet beschikbaar is.

De installatie wordt elektrisch bedreven en naast het genoemde afgas komt er geen belangrijke luchtmissie vrij. Restwarmte of restkoude wordt zoveel mogelijk binnen de afvanginstallatie nuttig gebruikt. We merken op dat deze cryogene afvanginstallatie hiermee sterk afwijkt van afvanginstallaties met solvents (amines) waarbij warmte nodig is om het solvent en CO₂ te scheiden.



Figuur 1: Stroomschema van CO₂-afvanginstallatie

Klimaatakkoord

Omdat CO₂ een broeikasgas is, is in het Nederlandse klimaatakkoord een doelstelling gesteld om ruim 19 miljoen ton CO₂ uitstoot per jaar van de industrie te verminderen voor 2030. Om dit te bereiken zijn geavanceerde technieken nodig die nog in ontwikkeling zijn. Op de korte termijn is het afvangen van CO₂ uit rookgassen om deze op te slaan in bijvoorbeeld lege gasvelden onder de Noordzee, de meest haalbare optie.

Deze memo Kosten-batenanalyse warmtevoorziening conform de EED

In dit memo is een kosten-batenanalyse (KBA) opgenomen conform de Tijdelijke regeling implementatie artikelen 8 en 14 Richtlijn energie-efficiëntie¹. Deze Nederlandse regeling implementeert genoemde artikelen van de Europese Energy Efficiency Directive (EED).

Alternatieven m.e.r.-studie Voor dit initiatief is een milieueffectrapportage opgesteld. In deze studie zijn geen alternatieven of varianten uitgewerkt.

¹ Tijdelijke regeling implementatie artikelen 8 en 14 Richtlijn energie-efficiëntie
(<https://wetten.overheid.nl/fci1.3:c:BWBR0036841&z=2019-07-01&g=2019-07-01>)

2 Achtergrond & scope

In dit hoofdstuk beschrijven we waarom een kosten-baten analyse moet worden uitgevoerd. Dit volgt uit het wettelijk kader die we in §2.1 beschrijven. In §2.2 lichten we toe hoe deze rapportage met de resultaten is opgebouwd.

2.1 Wettelijk kader

Artikel 14 van de Richtlijn Energie Efficiëntie (REE; in het Engels: EED)² verplicht lidstaten tot het voeren van beleid om efficiënte verwarming, koeling en WKK te bevorderen. Nederland heeft deze richtlijn geïmplementeerd in de Tijdelijke regeling³. Artikel 4, eerste lid van de Tijdelijke regeling schrijft voor wanneer drijvers van inrichtingen een kosten-baten analyse (KBA) moeten uitvoeren. Dit betreft de uitbreiding of realisatie van een nieuwe installatie voor elektriciteitsopwekking (1a, 1b) of warmte (1c, 1d) of een warmte- of koudenet (1e, 1f).

Omdat de installatie volledig elektrisch gedreven is door de keuze voor een cryogene installatie én de elektriciteit niet binnen de inrichting wordt opgewerkt, maar van het openbare elektriciteitsnet wordt onttrokken, is er geen opwekvermogen gepland. Formeel is de kostenbatenanalyse daarom niet verplicht. Omdat het totale vermogen (elektrisch vermogen) aanzienlijk is, voeren we hier toch een voorlopige KBA uit om eventuele kansen voor restwarmtebenutting te identificeren.

Artikel 4 lid 3 van de Tijdelijke regeling geeft de mogelijkheid tot het uitvoeren van een voorlopige kosten-batenanalyse (quick scan). Wanneer uit deze voorlopige analyse volgt dat uitvoering van de kosten-batenanalyse vermoedelijk niet tot resultaat heeft dat de som van de verwachte voordelen groter is dan de som van de verwachte kosten, hoeft een volledige kosten-batenanalyse niet uitgevoerd te worden.

Artikel 4 lid 3 van de Tijdelijke regeling schrijft voor dat een voorlopige kosten-batenanalyse een onderzoek omvat naar (waar van toepassing):

- de aanwezigheid van in de nabijheid gelegen warmte- of koudenetten waarop zou kunnen worden aangesloten en de technische mogelijkheid daartoe;
- de beschikbare ruimte in een in de nabijheid gelegen warmte- of koudenet;
- de organisatorische, juridische en economische haalbaarheid van hoogrenderende warmtekrachtkoppeling, het gebruik van afvalwarmte of een aansluiting op een in de nabijheid gelegen warmte- of koudenet.

In dit memo is een voorlopige kosten-batenanalyse opgenomen conform artikel 4 lid 3 van de Tijdelijke regeling, mede op basis van het document: 'Voorlopige analyse bij kostenbatenanalyse – EED artikel 14', te vinden via: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-besparen/europese-energie-efficiency-richtlijn-eed/kosten-batenanalyse-warmtevoorziening>.

³ Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, van 10 juli 2015, nr. IENM/BSK-2015/103340, houdende vaststelling van regels ter implementatie van de artikelen 8, vierde, vijfde en zesde lid, en 14, vijfde en zesde lid, van de richtlijn energie-efficiëntie (PbEU 2012, L 315) (Tijdelijke regeling implementatie artikelen 8 en 14 Richtlijn energie-efficiëntie), <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0036841&z=2019-07-01&g=2019-07-01>

2.2 Leeswijzer

- Hoofdstuk 3 beschrijft de organisatorische, juridische en economische haalbaarheid van hoogrenderende warmtekrachtkoppeling.
- Hoofdstuk 4 beschrijft de warmte die mogelijk uitgekoppeld kan worden en maakt een schatting van de kosten en baten daarvan.
- Hoofdstuk 5 beschrijft de (on) haalbaarheid van het gebruik van afvalwarmte (onderdeel c).
- In hoofdstuk 6 is de uitkomst van de kosten-batenanalyse opgenomen.

Gedetailleerde technische beschrijvingen van de installaties zijn niet opgenomen omdat deze beschikbaar zijn in andere documenten bij de vergunningsaanvraag. Met betrekking tot energie verwijzen we ook naar de uitgevoerde BREF-toets.

3 Haalbaarheid hoogrenderende WKK (HR-WKK)

De 'nationale kostenbatenanalyse' (de rapportage van Nederland over artikel 14, leden 1-4) geeft weer dat op dit moment HR-WKK in veel gevallen geen rendabele technologie is in Nederland. Daarom is het niet nodig om in alle gevallen een volledige kostenbatenanalyse uit te voeren.

Omdat er geen thermisch en ook geen elektrisch opwekvermogen gepland is, is een analyse volgens het schema van figuur 1 op pagina 3 van [1] niet mogelijk. Er is voor de afvanginstallatie slechts weinig warmte (2 ton/uur stoom) nodig en elektriciteit wordt ingekocht. Deze stoom wordt aan de huidige raffinaderij onttrokken.

We onderzoeken daarom in deze KBA de mogelijkheden voor HR-WKK niet.

We merken tot slot op dat ten opzichte van de totale elektriciteitsvraag slechts een bescheiden deel benodigd voor de gehele inrichting wordt opgewerkt door een zonnepark (11 MW_{piek}).

4 Haalbaarheid levering restwarmte

4.1 Locatie en omgeving

Zeeland Refinery ligt aan de Luxemburgweg 1 in Nieuwdorp op het industrieterrein Vlissingen-Oost. In Figuur 2 is de ligging van Zeeland Refinery weergegeven. De ligging van beide waterstoffabrieken en de locatie waar de nieuwe delen van de inrichting gerealiseerd zullen worden, is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 2: Ligging Zeeland Refinery (bron: Cyclomedia)



Figuur 3: Indicatieve locaties van de verschillende onderdelen van de voorgenoemde activiteit (bron: Cyclomedia)

4.2 Ontwerpstrategie m.b.t. energie

Zeeland Refinery streeft in het ontwerp naar maximale warmte-integratie en minimaal energieverbruik. Dit geldt voor de afvanginstallatie, maar is ook al jaren de praktijk binnen de raffinaderij. Er zijn al veel energie-optimalisaties, onder andere in het kader van het MEE-convenant, uitgevoerd in de afgelopen jaren waardoor de energie-efficiency sterk is toegenomen. Hierdoor zijn de 3 huidige stoomketels meestal al niet meer nodig. Door alle projecten die Zeeland Refinery heeft uitgevoerd behoort ZR nu zelfs tot de top in Europa met betrekking tot Energie Efficiency

Ook de kleine stoomvraag van de afvanginstallatie (circa 2 ton/uur) wordt aan de raffinaderij onttrokken zonder dat deze stoomketels nodig zijn. Deze situatie laat ook zien dat de realisatie van een WKK niet voor de hand ligt.

Er zijn binnen de bestaande raffinaderij nog meer energie-optimalisaties mogelijk, maar recent onderzoek heeft laten zien dat deze alleen restwarmte kunnen leveren van een temperatuurniveau dat niet meer bruikbaar is in de raffinaderij. Dit zou om stoom gaan van enkele bar druk.

We kijken in deze KBA daarom alleen naar:

- Warmte van een temperatuurniveau dat hoger is dan de al bekende energie-optimalisaties kunnen genereren.
- De levering van warmte buiten de raffinaderij site.

4.3 Uit te koppelen warmte

In de afvanginstallatie is de hoogste temperatuur die van de te verwerken rookgassen: 180°C. Overige processtromen hebben een aanzienlijk lagere temperatuur. Dit geeft aan dat het potentieel van restwarmtebenutting laag is.

De afvanginstallatie wordt elektrisch aangedreven. Er is daarom geen extra opwekking van warmte gepland. Omdat ook bij elektrisch aangedreven processen restwarmte kan ontstaan, beschouwen we de terugwinning van restwarmte hier toch.

Er is in totaal een koelvraag binnen de afvanginstallatie van 112 MW_{th}. Dit is vooral nodig voor het koelen van de compressiestappen waarbij warmte vrij komt. Dit gaan om interkoeling en eindkoeling (van de laatste stap). De warmte die hier ontstaat is echter om verschillende redenen niet kosteneffectief terug te winnen:

- De temperatuur is laag: minder dan 100°C. Dit is lager dan andere (en daarmee aantrekkelijkere) restwarmtebronnen binnen de raffinaderij waarvoor ook al geen toepassing is
- De compressor is één pakket van de leverancier van de installatie waarin modificaties voor restwarmtebenutting niet zijn voorzien;
- Restwarmte-uitkoppeling bij interkoelers leidt vaak tot een ongewenste extra drukval waardoor een extra compressiestap nodig kan zijn.

We concluderen daarom dat er binnen de gestelde randvoorwaarden geen restwarmtebronnen zijn.

4.4 Afzet van warmte

Hoewel we constateerden geen directe mogelijkheden te zien voor warmte-uitkoppeling, gaan we in deze paragraaf kort in op de kosten en baten van een warmtenet.

Baten restwarmte

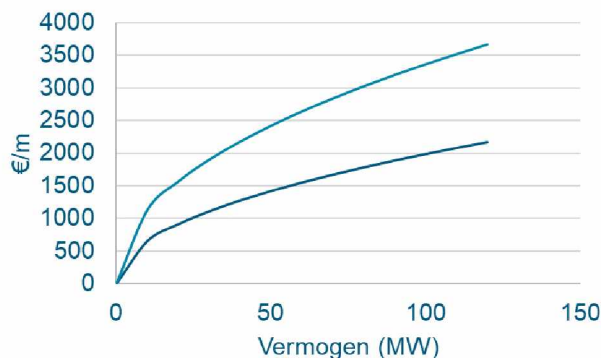
De baten van warmte-uitkoppeling zijn de kosten voor de warmteproductie die vermeden wordt door het toepassen van restwarmte. Omdat het lastig is te voorspellen welke warmtebron vermeden wordt, rekenen we vaak met een typische warmteprijs. We hanteren hier een prijs van 5 €/GJ en sluiten daarmee aan bij de warmteprijs die binnen de SDE++ subsidieregeling gehanteerd wordt voor industriële restwarmte⁴. Hierin wordt 90% van de TTF gehanteerd⁵. Bij een TTF van 20 €/MWh (zie ook bijlage I) is dat $90\% \times 20 \text{ €/MWh} / 3,6 \text{ GJ/MWh} = 5 \text{ €/GJ}$.

Binnen de SDE++ regeling wordt ook een maximale transportafstand gehanteerd: de verhouding transportleidinglengte (m): outputvermogen (kW) moet kleiner zijn dan 0,3833 m/kW (of km/MW), anders wordt geen subsidie verleend.

De kosten van een warmtenet zijn in Figuur 4 gegeven.

⁴ PBL, Conceptadvies SDE++ 2021 benutting restwarmte uit industrie en datacenters, 5 mei 2020.

⁵ TTF = Title Transfer Facility = de groothandelsprijs van gas



Figuur 4: Indicatieve kostencurve warmteleiding (hoog en laag kostenscenario) [3]

Maatschappelijke baten

Naast financiële baten van het gebruik van restwarmte, zijn er ook maatschappelijke baten. Dit zijn vooral baten voor het milieu en de volksgezondheid doordat er bij de gebruikers vermeden emissies zijn van o.a. CO₂, NO_x en stof. Het valt buiten de scope van deze KBA om deze effecten te kwantificeren. Meer informatie hierover is te vinden in het recente rapport 'Duurzaamheid van warmte- & koudelevering' [4].

4.5 Kansen voor directe restwarmtebenutting in de omgeving

Huidige levering restwarmte van de raffinaderij

Er is sinds 2016 al een beperkte levering van restwarmte van Zeeland Refinery naar de dichtbij gelegen bedrijven Martens en COVRA: 'Sloewarmte' Dit gaat om restwarmte van 140°C. Dit wordt met een pijpleiding geleverd.

Martens gebruikt de restwarmte om gebruikte olie van (zee-)schepen te zuiveren en geschikt te maken voor hergebruik. COVRA gebruikt de restwarmte voor de klimaatbeheersing in kantoren. Na gebruik gaat het afgekoelde water terug naar Zeeland Refinery, waar het weer gebruikt wordt als koelwater in het productieproces. Op jaarbasis leidt dit tot een energiebesparing van 2,4 miljoen Nm³. Dit is gelijk aan het verbruik van circa 1.500 huishoudens. Hiermee wordt per jaar ongeveer 4.300 ton minder CO₂ uitgestoten.

Nieuwe restwarmtelevering

Bij het realiseren van 'Sloewarmte' is onderzocht of verdere restwarmtelevering mogelijk is. Er bleek geen verdere warmtevraag van nabijgelegen bedrijven te zijn. Omdat de levering vaak betrekkelijk lage temperaturen betreft, is ook bebouwing potentieel interessant. Door de grote afstanden tot aanzienlijke bebouwing (grotere woonwijken), zijn hiervoor geen mogelijkheden. Hierbij speelt mee dat de dichtstbijzijnde woonwijken ook geen bestaande warmtenetten hebben, maar door individuele ketels verwarmd worden. De dichtstbijzijnde warmtenetten zijn in Goes Zuid, circa 12,5 km van de inrichting.

Verder details hierover zijn te vinden in het 'Warmteplan Zeeland' uit 2017 [5].

4.6 Conclusies haalbaarheid warmtelevering

We concluderen dat er geen externe warmtelevering mogelijk is. Er is vanuit de afvanginstallatie geen restwarmte van een aantrekkelijk temperatuurniveau beschikbaar. Daarnaast is het moeilijk uit te koppelen. Er zouden uit de bestaande raffinaderij aantrekkelijkere stromen zijn, maar eerder is al aangetoond dat daarvoor ook geen toepassing is, buiten de al gerealiseerde 'Sloewarmte'. Als er al restwarmte beschikbaar zou zijn, is er in de omgeving van de raffinaderij ook geen afzet mogelijk.

5 Gebruik van restwarmte

Naast het leveren van warmte, zou Zeeland Refinery ook afvalwarmte uit de omgeving kunnen gebruiken. Deze optie valt echter direct af omdat er binnen de raffinaderij al een overschot is aan laagwaardige restwarmte en er in de buurt geen hoogwaardiger restwarmte beschikbaar is. Dit is in lijn met de algemene gedachte dat warmte uit industriële gebieden naar bewoonde gebieden gebracht wordt.

6 Conclusies

Op grond van de genoemde Tijdelijke regeling is een kosten-batenanalyse (KBA) verplicht om uit te voeren bij de realisatie of aanzienlijke renovatie van energie-opwekvermogen. Voor de realisatie van de CO₂-afvanginstallatie bij Zeeland Refinery is dit volgens deze regeling niet verplicht. Desondanks is toch een voorlopige KBA uitgevoerd om de mogelijkheden te inventariseren.

Namens Zeeland Refinery is deze kosten-batenanalyse uitgevoerd. Hieruit blijkt dat:

- de toepassing van een flexibel inzetbare WKK niet aan de orde is omdat er geen thermisch opwekvermogen gepland is en het elektrische vermogen aan het openbare elektriciteitsnet onttrokken wordt.
- Er geen restwarmte beschikbaar is voor intern gebruik.
- In de omgeving geen kansen zijn voor restwarmte afzet.
- het toepassen van afvalwarmte van buiten de inrichting voor Zeeland Refinery niet haalbaar is.

7 Literatuur

- 1 RVO, *Voorlopige analyse bij kostenbatenanalyse – EED artikel 14*, versie 1, 21 december 2015
- 2 CE Delft, *Verkenning voorlopige analyse WKK*, december 2015, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken
- 3 CE Delft, *MKBA Warmte Zuid-Holland*, juli 2014
- 4 Harmelink Consulting, *Duurzaamheid van warmte- & koudelevering*, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, , RVO, februari 2020.
- 5 CE Delft, *Warmte Zeeland*, 2017