

Notitie

**HaskoningDHV Nederland B.V.
Industry & Buildings**

Aan: Vopak Terminal Europoort B.V.
Van: José Varwijk & Sannah van Balen
Datum: 15 juli 2019
Kopie: -
Ons kenmerk: BF7126IBNT1907150933
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: Kosten Baten Analyse Warmterecuperatie

1 Inleiding

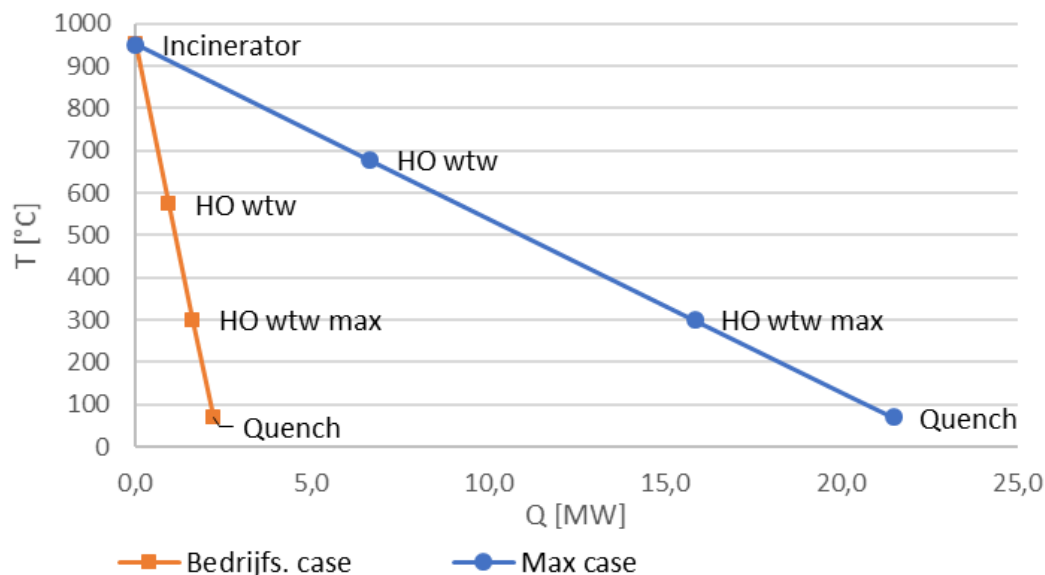
In opdracht van Vopak Terminal Europoort B.V. (VTE) is een kosten-batenanalyse (KBA) uitgevoerd voor het optionele hergebruik van restwarmte afkomstig van een nieuw te realiseren dampverwerkingsinstallatie (DVI) binnen de inrichting. Deze KBA is onderdeel van de aanvraag omgevingsvergunning (milieu) voor de realisatie van deze nieuwe installatie. De DVI behandelt straks alle verladingsemissies afkomstig van de Vingerpien 1 en 2 (VP1, VP2) en vervangt de bestaande geurverwerkingsinstallaties (GVI's) bij deze pielen. De nieuwe DVI wordt geplaatst op het driehoekige terrein achter tankput fase 8 en is opgebouwd uit twee identieke verwerkingslijnen. De aanvraag omgevingsvergunning (milieu) gaat uit van de volgende installaties per verwerkingslijn:

- Eén thermische oxidatiereactor met een thermisch vermogen van 25MW (*"incinerator"*) waarin vrijwel alle VOS-emissies worden verbrand;
- Eén natte koeler (*"quencher"*) voor het verlagen van de temperatuur van de verbrandingsgassen;
- Eén gaswasser (*"scrubber"*) om zwavelverbindingen te verwijderen.

In de DVI worden de VOS-houdende dampen die vrijkomen bij het laden van schepen met behulp van aardgas verbrand in een *incinerator*. Hierbij ontstaan rookgassen met een temperatuur die varieert tussen de 900°C en 950°C. Doordat het dampaanbod in hoeveelheid en samenstelling sterk varieert, is de hoeveelheid verbrandingswarmte die vrijkomt aan grote schommelingen onderhevig. Daarnaast moet in het ontwerp van de DVI rekening worden gehouden met een eventueel in de toekomst na te schakelen DeNOx-installatie. Hierdoor kunnen de rookgassen in de toekomst componenten (ammoniumsulfaat) bevatten die bij temperaturen onder de 230°C condenseren en vervolgens corrosie veroorzaken¹. Voordat de rookgassen worden geëmitteerd naar de buitenlucht worden ze gereinigd in een *scrubber*. Omdat deze *scrubber* van kunststof is worden de rookgassen eerst met behulp van een *quench* gekoeld tot circa 70°C.

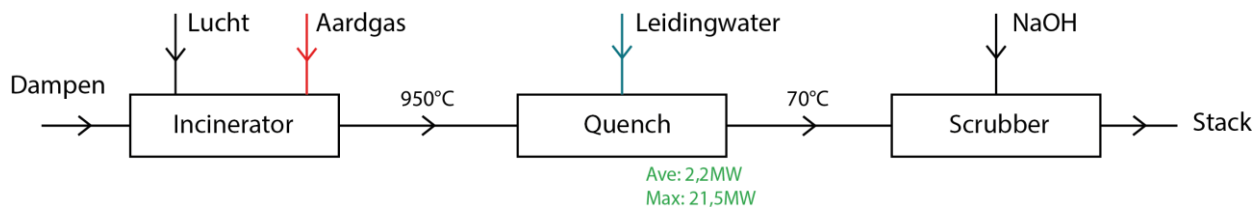
Figuur 1 geeft per verwerkingslijn de koelcurve tot 70°C van de rookgassen weer. De condensatie van de corrosieve elementen is niet weergegeven omdat dit nagenoeg geen invloed heeft op de energiewaarde. De condensatie van water (6%_{mass}) vindt grotendeels plaats onder de 70°C. Figuur 1 geeft zowel de vermogens bij de gemiddelde bedrijfsvoering (*"bedrijfs. case"*) als de ontwerpwaarde (*"max case"*) weer. De punten in de grafiek geven de temperaturen aan tot waar warmte-uitwisseling in de later in deze notitie beschreven opties mogelijk is.

¹ De te behandelen verladingsemissies bevatten geen corrosieve componenten.



Figuur 1: Afkoelcurve rookgassen per verwerkingslijn (HO = hete olie / wtw = warmteterugwinning)

Indien geen warmteterugwinning wordt toegepast, worden de rookgassen gekoeld door het injecteren van leidingwater. Het proces per verwerkingslijn ziet er dan als volgt uit.



Figuur 2: DVI zonder warmteterugwinning

2 Proces-technische beperkingen voor warmteterugwinning

Koelmedium

Om corrosie in warmtewisselaars te voorkomen kunnen de hete rookgassen niet gekoeld worden in een medium dat kouder is dan circa 200°C. In dit geval is namelijk de kans op het ontstaan van zogenaamde *cold spots* (en daardoor condensatie) te groot. De media waarmee gekoeld kan worden zijn hierdoor beperkt tot stoom onder hoge druk (> 230°C) of hete olie.

Warmteterugwinning met stoom

Binnen de inrichting van VTE is geen vraag naar stoom. Stoom zou eventueel geëxporteerd kunnen worden naar naastgelegen bedrijven. Vanwege het sterk fluctuerende karakter van de restwarmte zal de stroomproductie echter ook sterk fluctueren. Dit geeft grote problemen voor het benodigde leidingwerk en de bruikbaarheid van de stoom voor de afnemer. Stoomlevering aan derden wordt door deze problemen als niet haalbaar beschouwd. De geproduceerde stoom expanderen in een turbine en hiermee kracht of elektriciteit opwekken is vanwege de fluctuaties in de stoomhoeveelheden ook geen haalbare optie.

Warmteterugwinning met hete olie

Warmteterugwinning met behulp van hete olie is voor VTE de beste optie. VTE kan de beschikbare warmte inzetten in hun bestaande warmwatersysteem, welke nu met gasketels wordt gestookt. Tanken en leidingen worden met dit systeem verwarmd. Door het toepassen van hete olie als tussenmedium wordt condensatie van- en corrosie door ammoniumsulfaat voorkomen. Eventueel kan een warmtewisselaar van koolstofstaal worden toegepast om corrosie te voorkomen. Vanwege de grote variatie in het aanbod van restwarmte en het maximale vermogen van het bestaande warmwatersysteem (8 MW) kan echter altijd slechts een deel van de restwarmte worden hergebruikt in het warmwatersysteem van VTE.

Bedrijfstijden

In deze notitie is voor de gemiddelde bedrijfsvoering uitgegaan van het jaargemiddelde gebruik van de DVI. In de praktijk zal de restwarmtevraag echter variëren tussen nul en het maximale vermogen per verwerkingslijn. Hierbij is het de verwachting dat de beide verwerkingslijnen het merendeel van de tijd in de *standby* stand staan. Deze beperkte bedrijfstijd maakt de beschikbare hoeveelheid restwarmte (en daarmee de potentiële baten van hergebruik) relatief laag. De kosten van de voor warmteterugwinning benodigde voorziening zijn door het grote vermogen van de *incinerators* echter relatief hoog.

3 Resultaten KBA warmteterugwinning

In het kader van de KBA zijn diverse mogelijkheden voor warmteterugwinning onderzocht. Hierbij is de volgende voorkeursvolgorde aangehouden:

- 1 Hergebruik van restwarmte binnen de inrichting en optimaliseren van het energieverbruik van de DVI;
- 2 Exporteren van restwarmte naar derde partijen buiten de inrichting.

Vervolgens zijn in de KBA de volgende opties onderzocht:

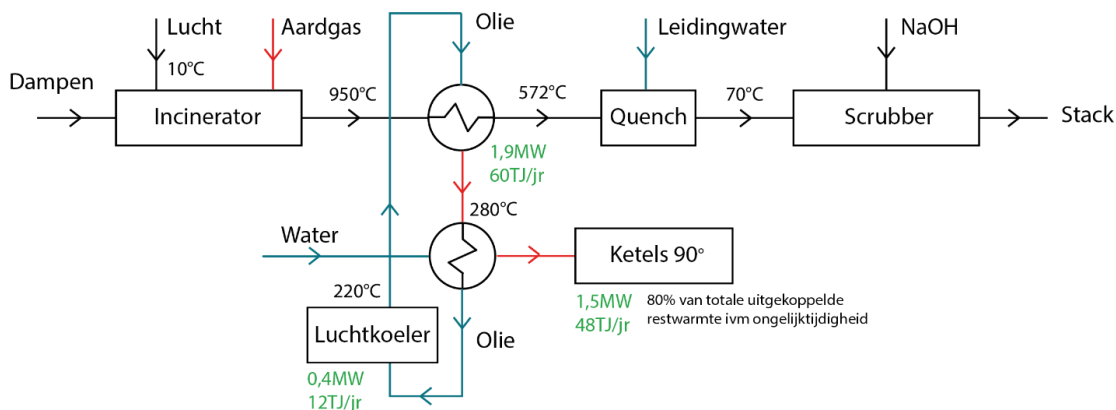
- Optie 1: Warmte intern hergebruiken;
- Optie 2: Warmte intern hergebruiken in combinatie met LUVVO;
- Optie 3: Warmte intern hergebruiken en exporteren naar derden;
- Optie 4: Warmte intern hergebruiken en exporteren naar derden in combinatie met een maximale-capaciteit hete-olie systeem;
- Optie 5: Warmte intern hergebruiken en exporteren naar derden in combinatie met een maximale-capaciteit hete-olie systeem en aanvullende terugwinning van restwarmte uit rookgassen.

Deze opties zijn in de volgende paragrafen in meer detail uitgewerkt. In de bijlagen B en C is een gedetailleerd overzicht opgenomen van de uitgangspunten van de KBA.

3.1 Optie 1: warmte intern hergebruiken

Figuur 3 geeft het schema weer van de warmteterugwinning bij intern hergebruik. In de gemiddelde bedrijfsvoering koelen de rookgassen af van 950°C naar circa 572 °C waarbij tegelijkertijd een gesloten hete-olie systeem wordt verwarmd. Met de hete olie wordt vervolgens het bestaande warmwatersysteem van VTE verwarmd. Binnen dit systeem wordt de niet-afgestane warmte via een luchtkoeler afgevoerd.

Het hete-olie systeem moet zo ontworpen worden dat niet meer warmte uitgekoppeld kan worden dan door het bestaande warmwatersysteem kan worden afgestaan. Vanwege de grote fluctuaties in het vermogen van de DVI is de verwachting dat op jaarbasis voor beide verwerkingslijnen samen maximaal 48 TJ aan warmte kan worden hergebruikt. Dit komt neer op een aardgasbesparing in de bestaande warmwaterketels van ongeveer 1.400.000 Nm³ per jaar.



Figuur 3: **Optie 1** Intern hergebruik van restwarmte (rood = warmte / blauw = koelmedium)

* MW zijn vermogens per lijn tijdens gemiddelde bedrijfssituatie; TJ/yr zijn energiehoeveelheden per jaar voor beide lijnen.

Deze optie geeft naast de aardgasbesparing ook een besparing op het gebruik van leidingwater in de *quench*. Wel wordt extra elektriciteit verbruikt voor de onder andere de pompen in het hete-olie- en warmwatersysteem.

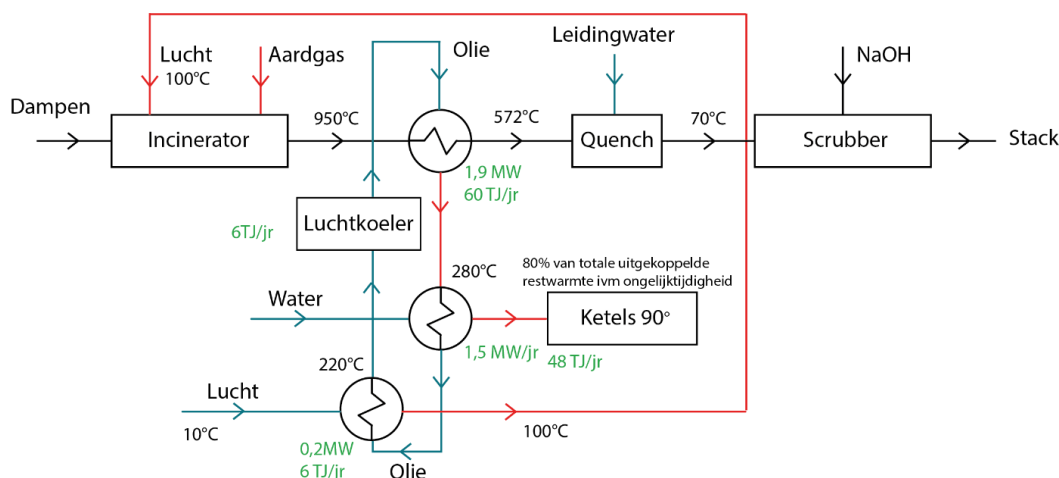
De resultaten van de KBA van deze optie zijn opgenomen in Tabel 1. De benodigde investering voor het uitkoppelen van warmte met behulp van een hete-olie systeem is geraamd op € 7.000.000. De aanpassingen aan het interne warmwatersysteem zijn vanwege het gekozen ontwerp beperkt. De resultaten van de KBA laten vervolgens zien dat deze optie een terugverdientijd heeft van 24 jaar. De Netto Contante Waarde (hierna: NCW) bedraagt - €3.420.000. Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat optie 1 economisch niet haalbaar is.

Tabel 1: resultaten KBA van **Optie 1**

tabel 1: Resultaten R&A van <u>Optie 2</u>						
Besparing 2 lijnen	+ besparen / - extra gebruik	Energie [GJ/jr]	CO2 reductie [ton/jr]	Financieel [€/jr]		
Leidingwater	11.000 [m³/jr]				€ 16.500	
Aardgas warmwaterketels	1.400.000 [Nm³/jr]	50.400	2.520	€ 75.600	€ 355.600	
Elektriciteit wtw intern	-876.000 [kWh/jr]	-7.900	-413	-€ 12.400	-€ 82.500	
Totaal		42.500	2.107	€ 63.200	€ 289.600	
Investering t.b.v. 2 lijnen			Economische rentabiliteit			
Warmteterugwinning rookgas-HO-warmwater		€ 7.000.000	TVT	24,2 jaar		
Aanpassing interne warmwatersysteem		€ 0	NCW	-€ 3.420.000		
Totale investering		€ 7.000.000				

3.2 Optie 2: warmte intern hergebruiken in combinatie met LUVO

Bij deze optie wordt, naast de interne warmteterugwinning, de warmte uit het hete-oliesysteem ook gebruikt om de verbrandingslucht naar de gasbrander voor te verwarmen tot ongeveer 100°C. Deze techniek wordt een LUVO² genoemd. Voorverwarmen van de verbrandingslucht is alleen mogelijk op de momenten dat het warmwatersysteem niet de maximale hoeveelheid warmte gebruikt. Op jaarbasis bedraagt dit naar verwachting iets minder dan de helft van de bedrijfstijd. Het is daarmee relevant om deze optie te onderzoeken.



Figuur 4: **Optie 2** Intern hergebruik van restwarmte en toepassen LUVO (rood = warmte / blauw = koelmedium)

* MW zijn vermogen tijdens gemiddelde bedrijfssituatie per lijn; TJ/jr zijn energiehoeveelheden per jaar voor beide lijnen.

² LUVO = Lucht Voorverwarmer

Het toepassen van deze optie op beide verwerkingslijnen van de DVI levert een aardgasbesparing van circa 1.472.000 Nm³ per jaar. Het elektriciteitsverbruik van de inrichting neemt wel in beperkte mate toe ten opzichte van optie 1 door toepassing van het LUVO-systeem.

De resultaten van de KBA van deze optie zijn opgenomen in Tabel 2. Zowel de zeer lange terugverdientijd als de negatieve NCW maken dat optie 2 economisch niet haalbaar is. Het eventueel realiseren van een LUVO zonder hergebruik van warmte is geen realistisch alternatief omdat op voorhand kan worden gesteld dat de benodigde investering voor dit systeem naar verwachting meer dan 25 keer hoger is dan de potentiële besparing.

Tabel 2: resultaten KBA van **Optie 2**

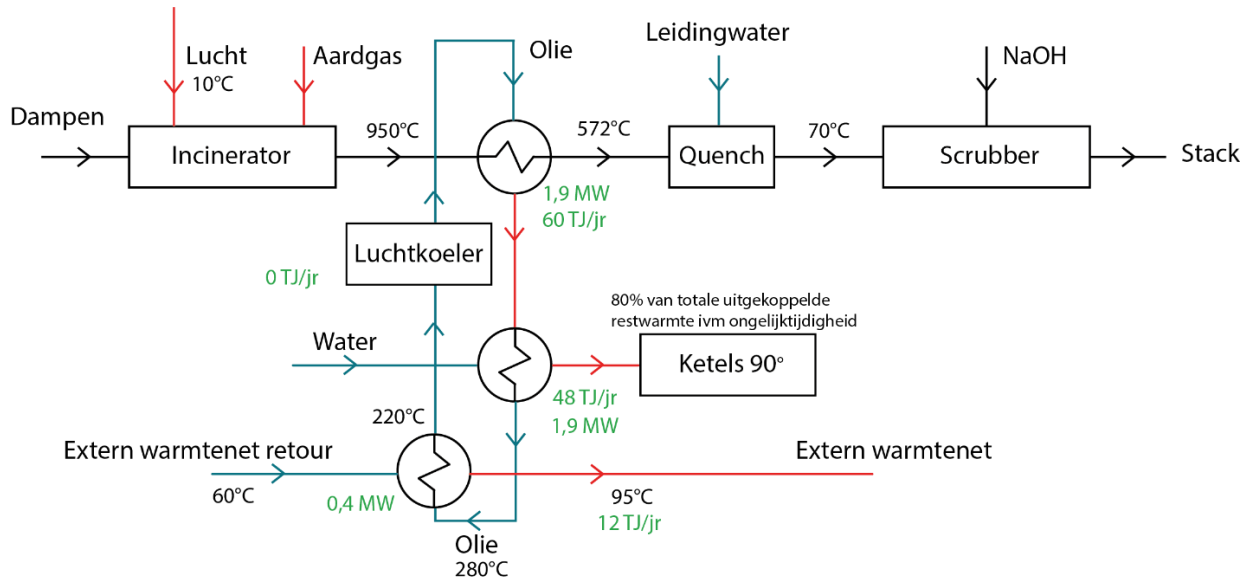
Besparing 2 lijnen	+ besparen / - extra gebruik	Energie primair [GJ/jr]	CO ₂ reductie [ton/jr] [€/jr]	Financieel [€/jr]
Leidingwater	11.000 [m ³ /jr]			€ 16.500
Aardgas warmwaterketels	1.400.000 [Nm ³ /jr]	50.400	2.520 € 75.600	€ 355.600
Elektriciteit wtw intern	-876.000 [kWh/jr]	-7.900	-413 -€ 12.400	-€ 82.500
LUVO	72.000 [Nm ³ /jr]	2.600	130 € 3.900	€ 18.300
Elektriciteit wtw LUVO	-166.000 [kWh/jr]	-1.500	-78 -€ 2.400	-€ 15.600
Totaal		43.600	2.158 € 64.700	€ 292.300
Investering t.b.v. 2 lijnen		Economische rentabiliteit		
Warmteterugwinning rookgas-HO-warmwater	€ 7.000.000	TVT 27,0 jaar		
Aanpassing interne warmwatersysteem	€ 0	NCW -€ 4.115.000		
Warmte-uitkoppeling LUVO	€ 449.000			
Kanalen + ventilator LUVO	€ 435.000			
Totale investering	€ 7.884.000			

3.3 Optie 3: warmte intern en extern hergebruiken

Bij deze optie wordt, aanvullend op interne warmteterugwinning met het hete-oliesysteem, restwarmte geleverd aan een toekomstig extern warmtenet. Het voordeel van een extern warmtenet is dat dit net vanwege haar grote capaciteit en meerdere toeleveranciers waarschijnlijk goed om kan gaan met de fluctuaties in het warmte-aanbod vanuit de DVI. De levering aan het externe warmtenet is alleen mogelijk op de momenten dat het interne warmwatersysteem niet de volledige hoeveelheid warmte gebruikt. Op jaarbasis bedraagt dit naar verwachting iets minder dan de helft van de bedrijfstijd. Het is daarmee relevant om deze optie te onderzoeken.

In het havengebied van Rotterdam lopen meerdere initiatieven voor het aanleggen van warmtenetten. Geen van deze initiatieven is op dit moment echter concreet genoeg om mee te nemen in een volledige KBA. In het kader van deze notitie zijn daarom de volgende aannames gemaakt:

- Het toekomstige warmtenet loopt langs de Moezelweg;
- VTE kan zonder de noodzaak van een extra warmtewisselaar direct aansluiten op dit warmtenet;
- Het temperatuurtraject van het warmtenet loopt van 60°C -> 95°C;
- Warmte wordt door VTE verkocht voor € 4,- per gigajoule.



Figuur 5: Optie 3 Intern en Extern hergebruik van restwarmte (rood = warmte / blauw = koelmedium)

* MW zijn vermogen tijdens gemiddelde bedrijfssituatie per lijn; TJ/jr zijn energiehoeveelheden per jaar voor beide lijnen.

In de KBA van deze optie is aangenomen dat alle na intern hergebruik overblijvende restwarmte (12 TJ per jaar) aan het externe warmtenet kan worden geleverd. Dit geeft op jaarbasis een opbrengst van €48.000. Deze optie biedt VTE aanvullend de mogelijkheid om bij onvoldoende intern beschikbare restwarmte, warmte af te nemen van het externe warmtenet. Deze extra optie is niet meegenomen in de KBA.

De resultaten van de KBA van deze optie zijn opgenomen in Tabel 3. Voor de investering in het leidingwerk van de DVI naar de Moezelweg is gerekend met twee maal 500 meter DN 250 leiding. De totale capaciteit voor de benodigde aanvullende warmtepompen is ongeveer 360 m³ per uur. De totale investering voor de warmteterugwinning stijgt hiermee met €1.611.000 ten opzichte van optie 1. Dit wordt gedeeltelijk gecompenseerd door de toename van de baten. De terugverdientijd blijft met circa 27 jaar echter zeer hoog en ook de NCW is negatief. Hiermee is ook deze optie economisch niet haalbaar. In deze optie zitten daarnaast nog grote onzekerheden, zoals de vraag of het externe warmtenet er wel of niet komt, waar het net precies komt te liggen en wat de werkelijke opbrengst voor VTE per GJ warmte zal zijn.

In het Botlek-gebied ligt op dit moment al een warmtenet. Het eventueel aansluiten van de DVI op dit net zal als gevolg van de te overbruggen afstand miljoenen euro's extra kosten. Deze variant op optie 3 is daarmee geen realistisch alternatief.

De resultaten van de KBA van deze optie zijn opgenomen in Tabel 4. Voor het warmtenet en de aanleg van de pijpleiding zijn dezelfde aannames gehanteerd als bij optie 3. Het elektriciteitsgebruik voor de externe warmtelevering is wel hoger dan bij optie 3, aangezien meer water verpompt moet worden. De totale investering voor de warmteterugwinning stijgt bij deze optie naar €11.205.000. De levering aan het warmtenet van de beschikbare 55 TJ aan warmte geeft op jaarbasis een opbrengst van € 220.000. Dit resulteert in een terugverdientijd van 24 jaar en een NCW van -€ 5.510.000. Ook deze optie is hiermee economisch gezien niet haalbaar. In deze optie zitten net als in optie 3 nog grote onzekerheden, zoals de vraag of het externe warmtenet er wel of niet komt, waar deze komt en wat de opbrengst voor VTE per GJ warmte zal zijn.

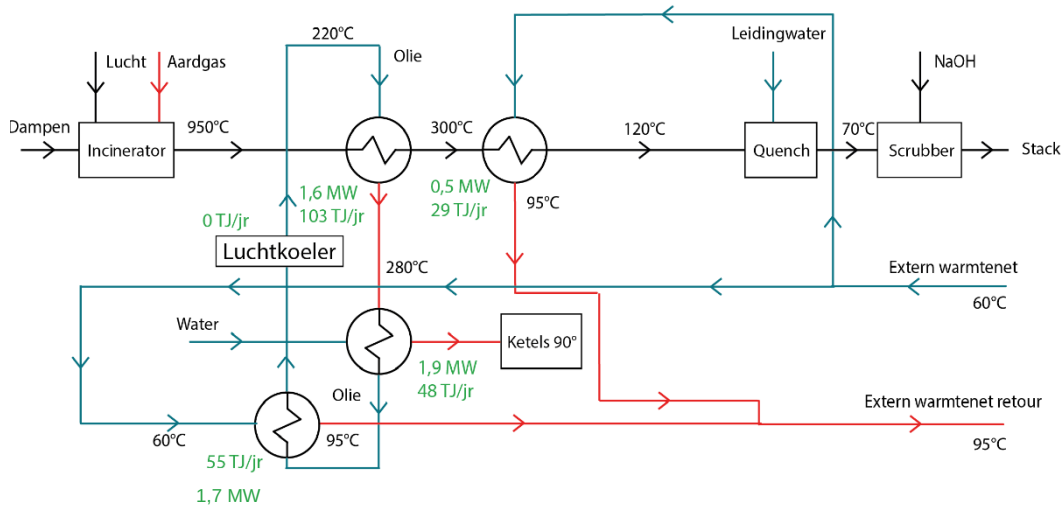
Tabel 4: resultaten KBA van **optie 4**

Besparing 2 lijnen	+ besparen / - extra gebruik	Energie primaire [GJ/jr]	CO ₂ reductie [ton/jr] [€/jr]		Financieel [€/jr]
Leidingwater	28.000 [m ³ /jr]				€ 42.000
Aardgas warmwaterketels	1.400.000 [Nm ³ /jr]	50.400	2.520	€ 75.600	€ 355.600
Elektriciteit wtw intern	-1.506.000 [kWh/jr]	-13.600	-711	-€ 21.300	-€ 141.800
Warmte extern vanuit HO	55.000 [GJ/jr]	61.111	n.b.	€ 0	€ 220.000
Elektriciteit wtw Extern	-178.000 [kWh/jr]	-1.600	-84	-€ 2.500	-€ 16.800
Totaal		96.311	1.725	€ 51.800	€ 459.000
Investering t.b.v. 2 lijnen		Economische rentabiliteit			
Warmteterugwinning rookgas-HO-warmwater	€ 7.000.000	TVT 24,4 jaar			
Aanpassing interne warmwatersysteem	€ 0	NCW -€ 5.510.000			
Warmte-uitkoppeling HO extern leveren	€ 2.465.000				
Leidingwerk + pompen warmtenet	€ 1.740.000				
Totale investering	€ 11.205.000				

3.5 Optie 5: Warmte intern en maximaal extern hergebruiken

Bij deze laatste optie wordt naast interne warmteterugwinning, maximaal restwarmte geleverd aan een extern warmtenet door toepassing van een hoge-capaciteit warmtewisselaar en een rookgas-warmtewisselaar. Hiermee wordt dus, aanvullend op optie 4, ook de warmte uit de rookgassen tot 120°C hergebruikt. De keuze voor 120°C is gebaseerd om het vrijkomen van aanvullende corrosieve componenten onder deze temperatuur. Daarnaast biedt deze waarde nog voldoende mogelijkheden voor het regelen van de temperatuur met behulp van leidingwater voordat de rookgassen de *scrubber* in gaan.

Ook voor deze optie geldt dat de haalbaarheid sterk afhankelijk is van de condities waaronder warmte geleverd kan worden aan het externe warmtenet. Voor het warmtenet zijn daarom dezelfde aannames gehanteerd als bij optie 3.



Figuur 7: **Optie 5** intern en maximaal extern hergebruik van restwarmte (rood = warmte / blauw = koelmedium)

* MW zijn vermogen tijdens gemiddelde bedrijfssituatie per lijn; TJ/yr zijn energiehoeveelheden per jaar voor beide lijnen.

De technische haalbaarheid van het verder terugwinnen van warmte uit de rookgassen tot 120 °C is op dit moment nog niet bekend, met name vanwege de volgende factoren:

- De extra warmtewisselaar heeft vanwege de relatief lage temperatuur van het rookgas een veel groter oppervlak nodig dan de warmtewisselaar op de *incinerator*. Dit heeft de volgende consequenties voor het ontwerp:
 - De inpassing in de (beperkt) beschikbare ruimte voor de DVI wordt erg lastig. Dit is voor één warmtewisselaar al een uitdaging;
 - De diameters van de rookgasleidingen moeten aangepast worden, waarschijnlijk ook in het ontwerp van de DVI zelf;
 - De drukval zal rookgaszijdig toenemen. Dit geeft met het toepassen van één warmtewisselaar al beperkingen in het ontwerp;
- De extra warmtewisselaar dient, evenals de eerste warmtewisselaar, op een hoogte van 10 meter te worden ingebouwd. De mogelijkheden hiervoor zijn beperkt vanuit constructie-technische oogpunt;
- Warmteterugwinning onder de 300°C geeft een verhoogd risico op corrosie van de warmtewisselaar. Hierdoor is het toepassen van composietmaterialen en/of zeer roestvaste materialen noodzakelijk. Nader onderzoek moet uitwijzen of dit technisch mogelijk is.

De resultaten van de KBA van deze optie zijn opgenomen in Tabel 5. Voor de investering in het leidingwerk van de DVI naar de Moezelweg is gerekend met twee maal 500 meter DN 450 leiding. De totale capaciteit van de benodigde warmwaterpompen is circa 1.000 m³/hr. De totale benodigde investering voor deze optie komt op € 13.652.000. Verder is aangenomen is dat, naast de 55 TJ uit het hete-olie systeem, de 29 TJ aan teruggewonnen warmte uit de rookgassen volledig geleverd kan worden aan het warmtenet. De terugverdientijd van deze optie komt hiermee op 23 jaar, de NCW op -€ 6.507.000. Hiermee is en blijft de warmteterugwinning economisch niet haalbaar.

Voor deze optie geldt dat er naast de nog grote onzekerheden over het externe warmtenet ook nog grote onzekerheden zijn met betrekking tot de technisch mogelijkheden om de uitkoppeling mogelijk te maken.

Tabel 5: resultaten KBA van **Optie 5**

Besparing 2 lijnen	+ besparen / - extra gebruik	Energie _{primaire} [GJ/jr]	CO ₂ reductie [ton/jr] [€/jr]	Financieel [€/jr]
Leidingwater	39.000 [m³/jr]			€ 58.500
Aardgas warmwaterketels	1.400.000 [Nm³/jr]	50.400	2.520 75.600	€ 355.600
Elektriciteit wtw intern	-1.506.000 [kWh/jr]	-13.600	-711 -21.300	€ -141.800
Warmte extern vanuit HO	55.000 [GJ/jr]	61.111	n.b. 0	€ 220.000
Warmte extern vanuit rookgassen	29.000 [GJ/jr]	32.222	n.b. 0	€ 116.000
Elektriciteit wtw Extern	-238.000 [kWh/jr]	-2.100	-112 -3.400	€ -22.400
Totaal		128.033	1.697 € 50.900	€ 585.900
Investing t.b.v. 2 lijnen		Economische rentabiliteit		
Warmteterugwinning rookgas-HO-warmwater	€ 7.000.000	TVT	23,3 jaar	
Aanpassing interne warmwatersysteem	€ 0	NCW	-€ 6.507.000	
Warmte-uitkoppeling HO extern leveren	€ 2.465.000			
Warmte-uitkoppeling rookgassen extern leveren	€ 2.208.000			
Leidingwerk + pompen warmtenet	€ 1.979.000			
Totale investering	€ 13.652.000			

4 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste uitgangspunten en conclusies van de KBA voor het gebruik van restwarmte afkomstig van de nieuwe DVI samengevat. Deze zijn als volgt:

- De sterke fluctuaties in hoeveelheid en samenstelling van de te behandelen dampen beperken de toepassingsmogelijkheden en bijbehorende opbrengsten van warmteterugwinning. Door het grote vermogen van de DVI zijn de investeringskosten hoog.
- De organisatorische en juridische haalbaarheid van warmteterugwinning zijn het grootst wanneer de warmte binnen de inrichting wordt hergebruikt. Daarom heeft het gebruik van de restwarmte in het bestaande warmwatersysteem van VTE de voorkeur. Door proces-technische beperkingen kan echter slechts een deel van de restwarmte aan dit systeem worden geleverd. Daarbij komt dat deze optie met een terugverdientijd van 24 jaar en een NCW van -€3.420.000 economisch niet haalbaar is. Het aanvullend toepassen van LUV0 heeft vrijwel geen effect op de economische haalbaarheid.
- Ook het aanvullend op intern hergebruik leveren van restwarmte aan een toekomstig extern warmtenet is met terugverdientijden van 23 tot 27 jaar economisch niet haalbaar. Aan externe warmtelevering zitten daarnaast ook nog grote organisatorisch, juridische en financiële onzekerheden.

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de volledige KBA nogmaals samengevat. Op basis van de uitkomsten van deze KBA wordt geconcludeerd dat intern en/of extern hergebruik van warmte afkomstig van de DVI economisch niet haalbaar is.

Tabel 6: overzicht resultaten KBA

Optie	Omschrijving	Investering	Besparing [€/jr]	TVT [jr]	NCW	Besparing [GJ/jr]	Besparing [ton CO ₂ /jr]
1	Intern hergebruik	€ 7.000.000	€ 290.000	24,2	€ -3.420.000	42.500	2.107
2	Optie 1 plus LuVo	€ 7.884.000	€ 292.000	27,0	€ -4.115.000	43.600	2.158
3	Optie 1 plus extern warmtenet	€ 8.611.000	€ 322.000	26,7	€ -4.473.000	54.300	2.029
4	Intern hergebruik met maximaal HO-systeem en extern warmtenet-systeem; interne + externe warmtelevering	€ 11.205.000	€ 459.000	24,4	€ -5.510.000	96.300	1.725
5	Optie 4 plus extra warmtewisselaar rookgassen	€ 13.652.000	€ 586.000	23,3	€ -6.507.000	128.000	1.697

Bijlage A. Afkortingenlijst

DVI	Dampverwerkingsinstallatie
HO	Hete Olie
LUVO	LuchtVoorVerwarmer
NCW	Netto contante waarde
TVT	Terugverdiëntijd
VP	Vingerpier
VTE	Vopak Terminal Europoort B.V.
WTW	Warmteterugwinning

Bijlage B. Uitgangspunten

Prijzen

Elektriciteit	€ 0,08	[kWh]
Aardgas	€ 0,20	[€/Nm ³]
	5,6	[€/GJ]
CO ₂	€ 30,00	[€/ton]
Warmte aan warmtenet	€ 4,00	[€/GJ]
Water	€ 1,50	[€/m ³]

Overige

Bedrijfstijd	8.760	[hr/jr]
Max. snelheid vloeistof in leiding	2	[m/s]
Max. snelheid lucht in kanaal	8	[m/s]
Dichtheid lucht	1	[kg/m ³]

Water

Dichtheid	1.000	[kg/m ³]
Soortelijke warmte	4,18	[kg/m ³]

Omrekenfactoren

Verbrandingswaarde aardgas (HC)	36	[MJ/Nm ³]
CO ₂ -emissies gas	1,8	[kg/Nm ³]
	50	[kg/GJ]
Opwekrendement elektriciteit	40%	
1 kWh =	9	MJ _{pr}
CO ₂ -emissies elektriciteit	0,472	[kg/kWh]
Rendement bestaande warmwaterketels	95%	

Standaard rendement voor externe warmtelevering.
 Waarmee geleverde warmte wordt teruggerekend naar
 besparing op primaire energie
 Standaard rendement voor
 warmtelevering

90%

Financieel

-Interne rentevoet	6,5%	
- Levensduur =	20	jaar
- Restwaarde =	0	
- Afschrijvingstermijn,	20	jaar
- Afschrijving,	Lineair	
- Vennootschapsbelasting	25%	

Extern warmtenet

T retour	60	[°C]
T aanvoer	95	[°C]

Bijlage C. Raming aanvullende investeringen

Optie 2		WTW	Leidingwerk + pompen	Opmerkingen
2 stuks warmtewisselaars van 2,0 MW	€ 359.000	€ 359.000		Ontwerp 1,6 MW; gebruik 0,8 MW
Meerprijs ventilatoren 2x 72.500 m³/hr	€ 180.000		€ 180.000	
Luchtkanalen 1500 x 1500 mm; 2x50 m lengte	€ 168.000		€ 168.000	
Totaal equipment	€ 707.000	€ 359.000	€ 348.000	
Engineering / ontwerp / onvoorzien	€ 177.000	€ 90.000	€ 87.000	25%
Totaal	€ 884.000	€ 449.000	€ 435.000	

Optie 3		WTW	Leidingwerk + pompen	Opmerkingen
2 stuks warmtewisselaars van 7,5 MW	€ 276.000	€ 276.000		Ontwerp 10,3 MW; gebruik 5,3 MW
Pompen warmtenet (2+1) x 160 m³/hr	€ 85.000		€ 85.000	
Leidingwerk Vopak terrein 2 x 500 m DN250	€ 928.000		€ 928.000	
Leiding Vopak-Callandbrug 2 x 1500 m DN250	€ 2.784.000			Niet meegenomen in totaal
Totaal equipment	€ 1.289.000	€ 276.000	€ 1.013.000	
Engineering / ontwerp / onvoorzien	€ 322.000	€ 69.000	€ 253.000	25%
Totaal	€ 1.611.000	€ 345.000	€ 1.266.000	

Optie 4		WTW	Leidingwerk + pompen	Opmerkingen
Grotere warmtewisselaars in rookgassen (15,9 MW i.p.v. 6,7 MW & Vergoten HO-systeem)	€ 1.374.000	€ 1.374.000		Ontwerp 15,9 MW; gebruik 1,6 MW
2 stuks warmtewisselaars (HO-warmtenet) van 15,9 MW	€ 598.000	€ 598.000		Ontwerp 15,9 MW; gebruik 1,6 MW
Pompen warmtenet (3+1) x 250 m³/hr	€ 125.000		€ 125.000	
Leidingwerk Vopak terrein 2 x 500 m DN400	€ 1.267.000		€ 1.267.000	
Leiding Vopak-Callandbrug 2 x 1500 m DN400	€ 3.800.000			Niet meegenomen in totaal
Totaal equipment	€ 3.364.000	€ 1.972.000	€ 1.392.000	
Engineering / ontwerp / onvoorzien	€ 841.000	€ 493.000	€ 348.000	25%
Totaal	€ 4.205.000	€ 2.465.000	€ 1.740.000	

Optie 5		WTW	Leidingwerk + pompen	Opmerkingen
2 stuks warmtewisselaars (rookgassen – warmtenet) van 4,4 MW	€ 1.766.000	€ 1.766.000		Ontwerp 4,4 MW; gebruik 0,5 MW
Pompen warmtenet (4+1) x 250 m³/hr	€ 158.000		€ 158.000	
Leidingwerk Vopak terrein 2 x 500 m DN450	€ 1.425.000		€ 1.425.000	
Leiding Vopak-Callandbrug 2 x 1500 m DN450	€ 4.275.000			Niet meegenomen in totaal
Totaal equipment	€ 3.349.000	€ 1.766.000	€ 1.583.000	
Engineering / ontwerp / onvoorzien	€ 838.000	€ 442.000	€ 396.000	25%
Totaal	€ 4.187.000	€ 2.208.000	€ 1.979.000	