

Haalbaarheidsstudie Industriële Warmtepompen (“HIWP”)

Haalbaarheidsonderzoek naar de toepassing van industriële
warmtepompen bij drie bedrijven in de Rotterdamse Haven
(september 2018-augustus 2019)

Referentie:

- Projectnummer: TESN118043
- Projecttitel: Haalbaarheidsstudie Industriële Warmtepompen
- Penvoerder: Deltalinqs
- Medeaanvragers: BP Raffinaderii Rotterdam B.V.; Air Liquide Industrie B.V. ; Shin-Etsu
PVC; Stichting Hogeschool Rotterdam
- Projectperiode: 1 september 2018 tot en met 31 augustus 2019.

Het haven-industriegebied Rotterdam-Moerdijk bestaat uit circa 60 grote proces-industriële bedrijven, waaronder 5 olieraffinaderijen, 36 chemiebedrijven, 4 afvalverwerkingsbedrijven en 14 overige industriebedrijven. In de productieprocessen wordt circa 260 PJ aan energiedragers verbruikt (ofwel 8,2 GW). Dit energieverbruik leidt tot een grote CO₂-uitstoot, 18,5 megaton in 2017 (bron: Port of Rotterdam).

De afgelopen decennia zijn veel bedrijven al dan niet als onderdeel van een meerjaren-afspraken (EED, MJA) of ETS bezig geweest met het terugdringen van het energieverbruik. Aangezien het energiegebruik van bedrijven bijna volledig gebaseerd is op fossiele energiebronnen, werken ze zo ook aan het verminderen van de CO₂-emissies. Daarnaast werken bedrijven samen om CO₂-emissies te beperken. Zo zijn er sinds 2013 stoom- en warmtenetten operationeel voor onderlinge uitwisseling van stoom- en levering van restwarmte aan stadsverwarmings-netten i.p.v. koelen aan de lucht of Maaswater.

Desondanks is volgens data van het CBS de totale CO₂-uitstoot in 2017 gelijk aan die van 1990. Dit komt doordat de daling in energiegebruik door energie efficiëntie maatregelen in grote lijnen gecompenseerd is door de stijging in de productie.

Inmiddels hebben de meest landen in de wereld afgesproken om gezamenlijk aan de slag te gaan om de emissie te verminderen en zo de klimaatverandering te beperken (Bron: COP 2015). Nederland heeft dit doorvertaald naar een Klimaatakkoord waarin staat dat Nederland 49% minder broeikasgas uitstoot ambieert in 2030 t.o.v. het 1990 niveau. Om aan deze eis te voldoen zal de industrie significant moeten aanpassen.

Op de korte en middellange termijn is de verwachting dat energie-efficiency maatregelen, zoals Industriële Warmtepompen toepassingen (IWP), een belangrijke rol zullen spelen om de klimaat-doelstellingen te halen. Echter, de mate waarin IWP momenteel in de industrie wordt toegepast is nog beperkt (Bron: IEA Annex 35).

Industriële warmtepompen (IWP) hebben de potentie om significant bij te dragen aan het reduceren van de warmtevraag binnen de energie-intensieve industrie en zijn dan ook een expliciet onderdeel van Missie C uit het klimaatakkoord en MMIP 7's (onder TKI I&E) doelstelling het warmtesysteem tot 300 DegC te verduurzamen (bron: Klimaatakkoord - Den Haag 28 juni 2019). Door warmte te recirculeren binnen een proces van een stroom die gekoeld moet worden naar een stroom die opgewarmd moet worden, wordt de warmte- en koude vraag verminderd en nemen de emissies af.

Uit gesprekken die zijn gevoerd in het kader van dit haalbaarheidsonderzoek met partijen zoals ISPT, TNO.ECN, BP Raffinaderij Rotterdam B.V. , Air Liquide Industrie B.V. , Shin-Etsu PVC, Cosun, ADM, Engie, Siemens etc blijkt dat ingenieurs wel het idee hebben dat de technologie “iets” voor hun kan betekenen, maar dat er vaak te weinig inzicht is in de mate waarin warmtepompen een rol kunnen spelen, welke technische uitwerkingen er mogelijk zijn en hoe deze opties kunnen worden gebruikt om tot een haalbare business case te komen.

Om deze lacune te overkomen en de potentie van warmtepomptechnologie volledig te benutten werkt Hogeschool Rotterdam aan de ontwikkeling van een expertsysteem. Deze ontwikkeling vindt plaats op basis van simulaties en casestudies. Op deze wijze wil men komen tot een selectieprocedure voor de ideale locatie en technische uitvoering van een IWP binnen een proces. Het expertsysteem probeert in kaart te krijgen welke eigenschappen van een proces indicatief zijn voor een succesvolle IWP implementatie; hoe verschillende typen en uitvoeringen van IWP gebruikt kunnen worden om zo’n groot mogelijke impact te genereren; en ook hoe IWP kunnen worden ingezet binnen een praktische context waarin processen niet altijd het zelfde zijn en fysieke beperkingen, zoals plaatsingsruimte en afstand tussen warmte- bron en -gebruik, invloed hebben op de verwachte terugverdientijd.

Deze haalbaarheidsstudie diende om de ontwikkeling van dit expertsysteem te ondersteunen door input te geven aan de vorming van generieke stelregels die beslissingsondersteunend kunnen worden ingezet door procestechnologen bij de selectie van een IWP. Door hiermee het beslissingsproces te versnellen en te vereenvoudigen is de verwachting dat ook de implementatie en acceptatie van IWP wordt versneld.

De gegevens en resultaten uit de case studies ondersteunen de ontwikkeling van het expertsysteem voor IWP doordat de praktijk aspecten een directe toevoeging vormden op de bestaande academische literatuur.

Er werden er een aantal casestudies uitgevoerd bij verschillende bedrijven. Deze bedrijven: BP Raffinaderij BV (“BP”) , Shin-Etsu PVC en Air Liquide Industrie BV (“Air Liquide”), waren geselecteerd om hun diverse karakteristieke eigenschappen. Zo vertegenwoordigde BP het raffinage proces met haar continue stomen op hoge temperaturen, werd Shin-Etsu PVC geselecteerd om de grote procesveranderingen door het batch proces en de beperkte plaatsingsruimte en was Air Liquide als grote waterstofproducent interessant om de mogelijke rol die waterstof in toekomstige installaties gaat spelen.

Bij de aanvang van het project hebben Deltalinqs en Kenniscentrum Duurzame Havenstad van Hogeschool Rotterdam samen een Masterclass opgezet om te meten in hoeverre er behoefte was aan de bovenstaande kennis in de industrie. Uit deze Masterclass (april, 2018) kwam naar voren dat in ieder geval drie productiebedrijven uit de Rotterdamse Haven graag meewerkten aan een IWP haalbaarheidsstudie in hun fabriek om zo meer kennis en ervaring op te doen met de bovenstaande kennis. Andere bedrijven gaven aan op zich geïnteresseerd te zijn, maar voor nu andere prioriteiten te hebben.

Voor dit project is een projectteam opgesteld bestaande uit: Deltalinqs, Kenniscentrum Duurzame Havenstad van Hogeschool Rotterdam, drie productiebedrijven: Air liquide, BP en Shin-Etsu PVC, technologieleverancier Engie en het Havenbedrijf Rotterdam.

In dit project werkte het projectteam samen met studenten van de Hogeschool Rotterdam die als rol hadden om data te verzamelen, pinch studies op te stellen en te onderzoeken of en waar een warmtepomp mogelijk zou kunnen zijn bij de deelnemende bedrijven.

De studie werd verdeeld over twee semesters. In het eerste semester van september 2018 tot en met januari 2019 is met vierdejaarsstudenten gewerkt. In het tweede semester, lopende van februari 2019 tot en met augustus 2019, werd er met derdejaarsstudenten gewerkt aan vervolgstudies en (exergie-)optimalisaties. Na afloop van beide semesters is een voortgangsbespreking met alle projectpartners inclusief de studenten georganiseerd en is er in oktober 2019 door HS Rotterdam en Deltalinqs een terugkoppeling voor breder publiek gegeven.

Dit project verschilde van reguliere onderwijsprojecten op de volgende punten:

- 1) De begeleiding van de studenten was veel intensiever: Kenniscentrum Duurzame Havenstad heeft de studenten aan het begin een stoomcursus gegeven over de onderliggende theorie. Deltalinqs heeft een aantal Masterclasses business cases en Projectontwikkeling gegeven en samen met Kenniscentrum Duurzame Havenstad een business case tool opgesteld dat de studenten konden gebruiken voor een eerste inschatting van CAPEX, OPEX en terugverdientijden. Engie heeft bijgedragen door uitleg te geven over hoe zij in de praktijk bedrijven benaderen voor het plaatsen van warmtepompen en door te ondersteunen bij het verkrijgen van financiële cijfers over warmtepompen op hoog niveau.
- 2) Naast de reguliere begeleidende docent was ook een docent-onderzoeker toegevoegd aan het onderzoeksteam. Deze leidt het onderzoek naar de ontwikkeling van een expertsysteem voor de toepassing van warmtepompen in de industrie bij het Kenniscentrum Duurzame Havenstad en is in dit kader in januari 2019 met een promotieonderzoek aan de TU Delft begonnen. Naast het begeleiden van de studenten besteedde hij drie dagen per week aan dit onderzoek en was dus zeer intensief betrokken bij deze onderzoeken en het verzamelen van de informatie. De relatie tussen hem en de studenten was als senior onderzoeker en junior onderzoekers van hetzelfde onderzoeksteam.
- 3) Naast bespreking van de onderzoeksresultaten ter beoordeling van de studenten, zijn de resultaten ook gepresenteerd tijdens een tweetal bijeenkomsten met alle bedrijven (zie appendix 4 en 5). Hierbij is vrijuit gediscussieerd over de (on)mogelijkheden op basis van de onderzoeksresultaten.

Bij ieder van de bedrijven werd door de teams over (een deel van) de fabriek een systematische studie uitgevoerd van de warmtehuishouding - ook wel een “pinch-studie” genoemd. Op basis van deze pinch-studies zijn zogenaamde Grand Composite Curves opgezet waarmee het ultieme potentieel van warmtepompen in kaart gebracht kon worden. Bij het bestuderen van deze fabrieken zijn er naast de bedrijfsspecifieke lessen tevens verschillende algemeen toepasbare resultaten geboekt.

Zo blijken boiler feedwater ontgassers en (stoom-)stripkolommen - alom tegenwoordig in de industrie - vaak geopereerd te worden op basis van lagedrukstoom. Dit levert bij uitstek kansen op voor een IWP. Een ander voorbeeld zijn amine units die wellicht ingezet gaan worden voor CCS. De benodigde regeneratie warmte nodig kan mogelijk kosteneffectief en milieu-efficiënter verkregen kan worden door toepassing van een warmtepomp gevoed met een restwarmtestroom (anders dan regenerator overheads). Ten derde werd in een aantal gevallen ontdekt dat - in geval van een gevonden IWP toepassing – met een nadere

bestudering (exergie analyse) alsnog een flinke optimalisatie van de efficiency kon worden bereikt. Ten vierde werd, als een vorm van bijvangst, ontdekt dat flash-drogers zijn slecht voor de energie-efficiëntie. Bij vervanging van dit soort apparatuur kan beter voor fluid-bed drogers gekozen worden. Fluid-bed drogers worden nu al toegepast bij Shin-Etsu PVC, welke aantoonbaar efficiënter opereren en nu de standaard keuze zijn.

- Er is een structuur opgezet voor continuering met meerdere case-studies bij bedrijven vanaf september 2019.
- Er heeft kennismaking en kennisuitwisseling tussen verschillende mensen uit de Rotterdamse haven plaatsgevonden, die ieder in hun eigen bedrijf betrokken zijn bij het verminderen van de milieu-impact van de betrokken bedrijven. Dit onderdeel wordt door de deelnemende bedrijven en organisaties zeer gewaardeerd.

Potentieel voor warmtepomptechnologie in de drie onderzochte situaties

Er is in de case-studie bij Shin-Etsu PVC bepaald dat er nu niet voldoende potentieel bestaat voor het toepassen van IWP in de huidige opzet van de energiehuishouding in de PVC fabriek. In het huidige proces blijkt er wel een mogelijkheid om energie te besparen door gebruik te maken van restwarmte door toepassing van een warmtewisselaar als voorverwarmer van de lucht naar de drogers.

Bij BP is de amine H₂S-removal unit als model voor een toekomstige CO₂ afvang unit bestudeerd. Vanwege de benodigde significante desorptie energie – die in de regenerator verloren gaat - kan proceswarmte slechts voor een deel teruggewonnen worden uit het proces zelf (via de regenerator overhead condensor). Dus er is een externe warmtebron nodig die bij BP gevonden is in de vorm van een productstroom die momenteel afgekoeld wordt aan de lucht. De beoogde IWP levert daarmee de benodigde warmte (in deze case 3,1 MW). Er is als eerste gekeken naar een één-traps compressor systeem die een Coëfficiënt Of Performance (“COP”) bleek te hebben van ongeveer 3 en dus 1 MW aan vermogen in de compressor nodig zou hebben. Een tweede team heeft verder geoptimaliseerd (via een exergie-analyse) en is uitgekomen op een twee-traps compressie systeem. Een haalbare COP is daarbij berekend op iets meer dan 6. In de tweede case lijkt daarmee de TVT – afhankelijk van apparaat- en installatie-kosten – tussen de 4-9 jaar te kunnen zijn en is er daarbij een potentiële CO₂ emissiereductie van meer dan 3,5 kta mogelijk. Hier lijkt dus een verdere confirmatie studie gejustificeerd.

Bij Air-liquide is de Heracles waterstof fabriek onder de loep genomen. Deze fabriek produceert veel warmte die in de vorm van stoom gebruikt kan worden. Hier kan een IWP de benodigde stoom voor de boiler feedwater (BFW) ontgasser opwekken door gebruik te maken van de warmte in ontgasser flashstroom. Dit bespaart stoomgebruik en dus aardgaskosten (en CO₂ emissie) in de WKK. Het potentieel van de stoom besparing van deze warmtepomp is ongeveer 0,9 MW met een ingeschatte netto CO₂ besparing van ruim 1,2 kta. De studie liet verder zien dat, vergeleken met een gesloten IWP, een open IWP systeem een interessante coëfficiënt of performance (COP) heeft van meer dan 10. De op een hoog niveau afgeschatte TVT van deze open IWP toepassing ligt – afhankelijk van apparaat- en

installatie-kosten – tussen de 3-6 jaar. Deze range justificeert voor Air-Liquide verdere studie ter confirmatie van installatiekosten en apparaatkosten.

Concrete tools die tijdens deze HIWP zijn opgeleverd:

- Criteria voor het selecteren van bruikbare reststromen (BP-studie)
- Pinch tool (Shin-Etsu PVC studie)
- Business case tool (Deltalinqs en Hogeschool Rotterdam)
- Eerste aanzet expert systeem WP selectie, onderdeel van het promotieonderzoek van dhr Brendon de Raad bij de TU Delft naar de toepasbaarheid van warmtepompen in de onzekerheid van de energietransitie.