2. Documenten m.b.t. probleemanalyse en marktsituatie voor CO2 voorziening glastuinbouw

GREENPORT Aalsmeer

LTO NOORD

Inventarisatie naar de behoefte aan CO_2 en warmte binnen de Greenport Aalsmeer

Eindrapport: Maart 2013
Uitgevoerd door:

projecten LTO NOORD

EQ Energy Quest Consultancy

Inventarisatie naar de behoefte aan CO_2 en warmte binnen de Greenport Aalsmeer

Opdrachtgever: *Greenport Aalsmeer en LTO Noord*

Status: *Definitief rapport*

Datum: *Maart 2013*

Uitgevoerd door: [redacted], *Energy Quest Consultancy*

[redacted], *Projecten LTO Noord*

[redacted], *Projecten LTO Noord*

1 Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave blz. 4

2. Samenvatting en conclusies blz. 5

3. Inleiding blz. 7

3.1 Aanleiding en doel blz. 7
3.2 Leeswijzer blz. 8

4 Aanpak onderzoek en achtergrondinformatie blz. 9

4.1 Aanpak onderzoek blz. 9
4.2 Onderzoeksgebied: de Greenport Aalsmeer blz. 10
4.3 CO_2 en de glastuinbouw blz. 10
4.4 Warmte en de glastuinbouw blz. 12

5 Resultaten van de enquête met toelichting blz. 13

6 Resultaten CO_2 in relatie tot Greenport Aalsmeer blz. 25

6.1 Verdieping en verantwoording extrapolatie onderzoeksresultaten blz. 25
6.2 Resultaten CO_2 in relatie tot Greenport Aalsmeer blz. 25
6.3 Resultaten warmte in relatie tot Greenport Aalsmeer blz. 26

7 Vervolgtraject blz. 28

Bijlagen

Bijlage 1: Energie
Bijlage 2: Uitsplitsing enquêteresultaten naar teelten
Bijlage 3: Uitsplitsing enquêteresultaten naar geografische spreiding

2 Samenvatting en conclusies

Greenport Aalsmeer werkt als grootste wereldhandels- en kenniscentrum hard aan de verduurzaming, de internationale concurrentiepositie en aan de imagoverbetering van de hele bloemen- en plantensector. Het stimuleren en ondersteunen van innovaties maakt onderdeel uit van deze missie.

Algemeen beschouwd wordt de beschikbaarheid van duurzame en betaalbare CO_2 en zeker ook warmte als voorwaarde gezien voor de toekomstbestendigheid van glastuinbouwgebieden. Door de specifieke teelt mix van de Greenport Aalsmeer ligt het gebruik van CO_2 lager dan in het Westland en het Oostland waar veel meer groentetelers gevestigd zijn.

Vanuit dit perspectief heeft de Greenport Aalsmeer opdracht gegeven om onderzoek te doen naar het potentieel van duurzame CO_2 en warmte binnen de greenport. Een essentiële eerste stap hierbij is om de uitgangspositie helder te krijgen. Is er draagvlak onder de ondernemers voor duurzame oplossingen? Welke hoeveelheden aan CO_2 en warmte worden er überhaupt binnen de greenport gebruikt? Bieden deze hoeveelheden voldoende basis voor gecoördineerde duurzaamheidsinitiatieven?

Om deze en andere relevante informatie te vergaren en te analyseren is door Projecten LTO Noord en Energy Quest Consultancy een enquête opgesteld welke in het najaar van 2012 onder alle glastuinbouwers binnen de Greenport Aalsmeer is verspreid. De respons op deze enquête kan, mede dankzij de inzet van ondernemers uit de sector zelf, als zeer goed worden beoordeeld: de input is geleverd door ondernemers die ongeveer de helft van het glasareaal binnen de greenport vertegenwoordigen. Met overtuiging kan worden gesteld dat het thema van een duurzame CO_2- en warmtelevering binnen de Greenport Aalsmeer leeft!

Het belangrijkste resultaat is dat er onder de kwekers grote belangstelling bestaat voor afname van duurzame en betaalbare CO_2 via een centraal leidingstelsel. Berekend is dat er binnen de gehele Greenport Aalsmeer draagvlak bestaat voor een afname van 36.000 ton CO_2 per jaar met een maximale capaciteit van 28 ton per uur uit een leiding. De interesse naar een warmtelevering vanuit een leidingnetwerk is nog groter. Van de geënquêteerden geeft 74% aan dat zij warmte willen afnemen uit een leidingnet. Uit berekeningen blijkt dat op het niveau van de Greenport Aalsmeer jaarlijks 45 miljoen m^3 ae uit een warmtenet zou kunnen worden afgenomen. De enquête wijst voorts uit dat, hoewel er voor zowel CO_2 als voor warmte afzonderlijk grote belangstelling bestaat, een gecombineerde centrale CO_2- en warmtelevering tot een grotere warmtevraag zal leiden.

De resultaten van de enquête onderschrijven daarmee de door de ondernemers en de Greenport Aalsmeer geuite wens en noodzaak om duurzame CO_2 en warmte binnen de Greenport Aalsmeer beschikbaar te krijgen en tonen tevens aan dat er voldoende basis in het gebied aanwezig is om de uitvoeringskansen van dergelijke innovaties nader te onderzoeken. Om met de treffende woorden van een rozenkweker af te sluiten: “Zonder duurzame en betaalbare CO_2 kan het niet. De toekomst van dit gebied staat op het spel”.

De belangrijkste resultaten samengevat....

Algemene informatie bedrijven en enquête

- De geënquêteerden ondernemen gezamenlijk binnen 300 hectare aan glasoppervlak en vertegenwoordigen daarmee de helft van het glasoppervlak binnen de Greenport Aalsmeer
- Voor dit onderzoek zijn 122 enquêtes verwerkt, hetgeen ongeveer 1/3 deel van het aantal glastuinbouwers binnen de Greenport Aalsmeer betreft
- Bovenstaande impliceert dat de respondenten de gemiddeld grotere bedrijven vertegenwoordigen. Dit betekent waarschijnlijk dat de ondernemers met kleinere bedrijven, meestal de oudere bedrijven, minder op de enquête gereageerd hebben
- De siertelers zijn het meest vertegenwoordigd in de enquête. Gevolgd door telers in potplanten (36%), rozen (13%), orchidee-achtigen (10%) en groenten (2 ondernemers).
- 38% van de respondenten wil uitbreiden en/of verplaatsen. Gemiddeld wenst men een uitbreiding van 2,3 hectare. De helft van de respondenten wil voorlopig consolideren.

Belichting en WKK

- Van het aantal respondenten maakt 57% (NL:<50%) gebruik van belichting. Gemiddeld belichten zij 82% van het oppervlak met een gemiddelde bedrijfstijd van 2.455 uur. Hiervoor wordt 392 GWh aan elektriciteit gebruikt
- 58 respondenten geven aan dat zij wkk-vermogen hebben opgesteld. Gezamenlijk beschikken zij over 85,6 MWe aan wkk-vermogen, met een gemiddeld vermogen van 813 kW per wkk. Dit is gemiddeld 432 kWe opgesteld wkk-vermogen per hectare aan glasoppervlak bij de bedrijven die wkk hebben opgesteld. Berekend over alle bij de enquête betrokken hectaren aan glastuinbouwbouw impliceert dit dat per hectare 285 kWe aan wkk-vermogen is opgesteld. Ter vergelijking: binnen de hele Nederlandse glastuinbouw staat ongeveer 2900 MWe aan wkk-vermogen; omgerekend betreft dit circa 290 kW per hectare.

CO_2 en warmte

- 55% van de respondenten doseert CO_2. Men doseert gezamenlijk 19 ton/per uur, jaarlijks is dit 33.000 ton aan CO_2
- De respondenten houden voor CO_2-doseren in de kas gemiddeld een ppm-waarde aan van 908
- 67% van diegenen die nu CO_2 doseren geeft aan zeker CO_2 per leiding te willen afnemen
- Berekend is dat er met een capaciteit van 19 ton per uur jaarlijks circa 24.000 ton aan CO_2 uit een leidingnet zal worden afgenomen
- Van het totale glasoppervlak verwarmen de respondenten ruim 96%. 74% van de respondenten geeft aan warmte te willen afnemen uit een leidingnet
- Berekend is dat de jaarlijkse warmtevraag van de geënquêteerden 68 miljoen m^3 aardgas equivalenten (ae) bedraagt. Gemiddeld is dit 560.000 m^3 ae per bedrijf.
- Berekend is dat door de geënquêteerden jaarlijks 30 miljoen m^3 ae uit een warmtenet zou kunnen worden afgenomen, met een gemiddelde van 310.000 m^3 ae per bedrijf. De gemiddelde afnamecapaciteit bedraagt 160 m^3 ae per uur.
- De vraag of ook warmte wordt afgenomen zonder CO_2-levering is door 110 ondernemers beantwoord. 67% van hen (74 ondernemers) geeft aan in dat geval wel warmte te willen afnemen.
- De vraag of ook CO_2 wordt afgenomen zonder warmtelevering is door 109 ondernemers beantwoord. 43% van hen (47 ondernemers) geeft aan in dat geval wel CO_2 te willen afnemen.

3 Inleiding

3.1 Aanleiding en doel

Greenport Aalsmeer werkt als grootste wereldhandels- en kenniscentrum hard aan de verduurzaming, de internationale concurrentiepositie en aan de imagoverbetering van de hele bloemen- en plantensector. Het stimuleren en ondersteunen van innovaties maakt onderdeel uit van deze missie.

Verduurzaming van de bedrijfsvoering vormt de laatste jaren binnen de glastuinbouw een steeds belangrijkere voorwaarde voor het creëren van voldoende maatschappelijk, maar zeker ook economisch draagvlak. Investeren in een duurzamere bedrijfsvoering kan bij een integrale benadering sterk bijdragen aan de toekomstbestendigheid van de glastuinbouw en is in die zin tot noodzaak verworden.

Binnen de glastuinbouw richt de verduurzaming zich met name op de energie- en CO_2-voorziening. Beide zijn in kwalitatief en kwantitatief opzicht essentieel voor het productieproces. Beide zijn ook sterk bepalend voor het groene imago van de sector. Een efficiënte en duurzame aanwending van zowel energie als CO_2 kan de glastuinbouwsector in meerdere opzichten enorme voordelen bieden. Zo kan het benutten van geothemische en/of restwarmte direct van invloed zijn op de energiekosten van telers en zal een duurzame aanwending binnen de glastuinbouw van het in een negatief daglicht staande broeikasgas CO_2 het groene imago van de sector verbeteren.

Tot op heden wordt binnen de Greenport Aalsmeer in vergelijking met productiegebieden in het Westland en het Oostland relatief weinig toepassing gegeven aan vormen van duurzaam energie- en CO_2-gebruik. Deels valt dit terug te voeren op van oudsher afwijkende gewoonten, zoals bijvoorbeeld de teeltmix, maar zeker speelt ook de matige toegankelijkheid van dergelijke voorzieningen binnen de greenport een grote rol. Dit is een opvallend gegeven, te meer omdat de directe omgeving van de Greenport Aalsmeer op het gebied van duurzame en betaalbare energie en CO_2 veel te bieden heeft! Zo is onder andere de haven van Amsterdam met een grote restwarmtecapaciteit nabij en loopt de OCAP-leiding, welke het Westland van CO_2 voorziet, letterlijk langs de greenport.

Velen, ondernemers en besturen, achten het voor de toekomst van de Greenport Aalsmeer van belang dat dit potentieel beter wordt aangewend. Ook de Greenport Aalsmeer zet zich hier, in samenwerking met LTO Noord, voor in. Dit vergt nader onderzoek naar de mogelijkheden, waarbij niet alleen de geschiktheid van bronnen en technieken onderzocht moeten worden, maar ook de betaalbaarheid van bepaalde oplossingen en niet in het minst het draagvlak onder ondernemers.

Dit laatste aspect staat centraal in het voorliggende rapport. Aan de hand van een onder de telers uitgezette enquête is getracht om het huidige gebruik en de (toekomstige) behoefte aan CO_2 en warmte binnen de Greenport Aalsmeer inzichtelijk te maken. Daarbij is onderzocht of ondernemers, onder gegeven voorwaarden, bereid zijn om via alternatieve kanalen CO_2 en energie te betrekken. Daarmee vormt dit onderzoek een eerste, maar fundamentele, stap in een proces om de Greenport Aalsmeer duurzamer, efficiënter en toekomstbestendiger te maken. Voldoende inzicht in de vraagbehoefte van en medewerking vanuit de ondernemers is immers cruciaal voor het vervolgtraject. Suggesties voor dit vervolgtraject worden in hoofdstuk zeven gedaan.

Kernvragen

- **Wat is het huidige gebruik en wat is de (toekomstige) behoefte aan CO_2 en warmte binnen de Greenport Aalsmeer?**
- **Zijn ondernemers, onder gegeven voorwaarden, bereid om via alternatieve kanalen CO_2 en energie te betrekken?**

3.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 bevat de inhoudsopgave.

Een samenvatting van het rapport met de belangrijkste onderzoeksresultaten van de uitgevoerde enquête zijn opgenomen in hoofdstuk 2.

Met hoofdstuk 3 worden de aanleiding voor het onderzoek en kernvragen die ten grondslag liggen aan het onderzoek nader toegelicht.

In hoofdstuk 4 wordt informatie verstrekt over de opzet van het onderzoek en het uitvoeringsproces. In dit hoofdstuk wordt eveneens het onderzoeksgebied, de Greenport Aalsmeer, nader beschreven. Een aparte paragraaf is gewijd aan het belang van CO_2 en warmte voor de glastuinbouw.

Een behandeling van de enquêtevragen en de daarbij behorende resultaten vindt plaats in hoofdstuk 5. Elke vraag wordt hier apart benoemd en tevens wordt hier aangegeven op welke wijze de antwoorden van invloed zijn geweest voor de resultaten van het onderzoek.

Hoofdstuk 6 bevat een nadere toespitsing van de onderzoeksresultaten op de thema's CO_2 en warmte in relatie tot de Greenport Aalsmeer.

In hoofdstuk 7 worden de resultaten van dit onderzoek in het perspectief van het hele traject geplaatst dat doorlopen moet worden om CO_2 en warmte op duurzame wijze binnen de Greenport Aalsmeer beschikbaar te krijgen. In dit hoofdstuk zijn eveneens de vervolgacties benoemd die nodig zijn om dit streven te realiseren.

4 Aanpak onderzoek en achtergrondinformatie

4.1 Aanpak onderzoek

Zoals in het voorgaande hoofdstuk is beschreven dient dit rapport om inzichtelijk te maken of en in welke mate de kwekers binnen de Greenport momenteel CO_2 en warmte binnen hun productieproces toepassen en of greenportondernemers bereid zijn om CO_2 en warmte via alternatieve kanalen te betrekken. Voor wat betreft de informatie-inwinning ligt de focus dus sterk op de ondernemers. Dit zijn mensen voor wie, zeker onder de huidige economische omstandigheden, tijd een schaars goed is en die daarnaast dagelijks geconfronteerd worden met informatieaanvragen.

Teneinde voldoende en juiste informatie te verkrijgen is daarom gekozen voor een laagdrempelige aanpak in de vorm van een digitale enquête in combinatie met een informatiebijeenkomst. De informatiebijeenkomst heeft hierbij als doel gehad om de ondernemers te informeren over de dynamiek rond de greenport, het belang van CO_2 en warmte binnen de bedrijfsvoering en de mogelijkheden die zich op dit vlak voordoen in de regio van de Greenport Aalsmeer.

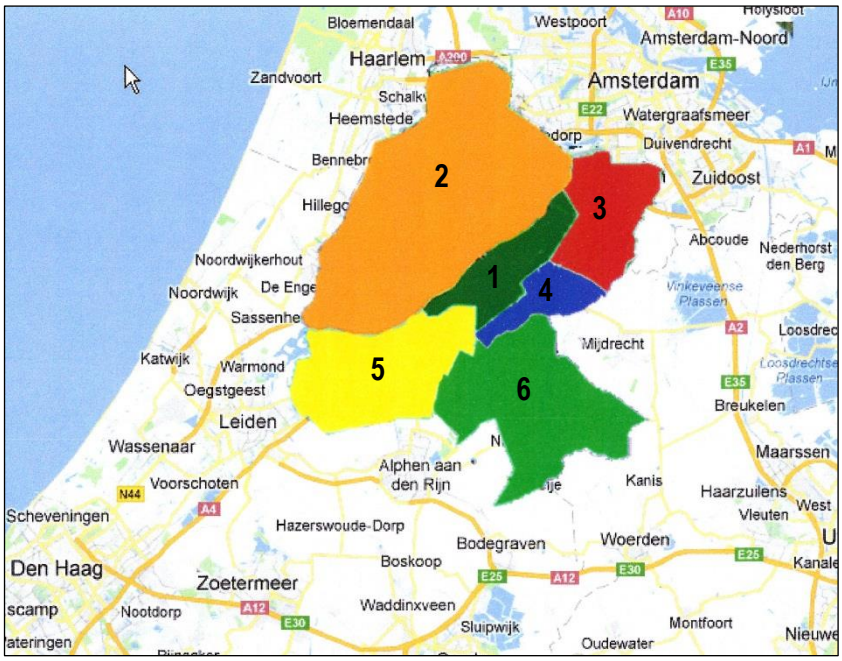
De enquêtevragen zijn opgesteld in samenwerking met een werkgroep, waarin ondernemers en afgevaardigden van de Greenport Aalsmeer vertegenwoordigd waren. Op deze wijze is getracht om de vragen zo toegankelijk mogelijk te verwoorden en te laten aansluiten bij de beroepspraktijk van kwekers en de bestaande informatiebehoefte.

Alle kwekers binnen de Greenport Aalsmeer zijn per brief gevraagd om de enquête in te vullen. Daarnaast is in de vakliteratuur aandacht voor de enquête gevraagd en zijn door betrokken ondernemers aanvullende acties ondernomen om de respons te verbeteren. Dit heeft geresulteerd in 133 ingevulde enquêtes. Nadere informatie over de enquête en de resultaten volgt in hoofdstuk 5.

4.2 Onderzoeksgebied: de Greenport Aalsmeer

Voorliggend onderzoek heeft betrekking op de Greenport Aalsmeer. Het betreft hier één van de zes greenports in Nederland. De Greenport Aalsmeer is het grootste wereldhandels- en kenniscentrum voor de sierteeltsector met in het hart de bloemenveiling Aalsmeer. Binnen de stichting Greenport Aalsmeer zetten diverse overheidsorganen en (markt)partijen zich in voor een toekomstbestendige bloemen- en plantensector.

Het exacte aantal bedrijven en de hoeveelheid glasoppervlak binnen de greenport is op dit moment niet precies bekend. Op basis van CBS-gegevens wordt ervan uitgegaan dat er tussen de 450 en 500 bedrijven zijn en dat het glasoppervlak tussen de 500 en 600 hectaren ligt. De Greenport Aalsmeer onderzoekt momenteel de juiste samenstelling van het gehele glas areaal in deze Greenport.



De Greenport Aalsmeer is een van de geconcentreerde glastuinbouwlocaties in Nederland. Op onderstaande kaart zijn de bij de Greenport Aalsmeer betrokken gemeenten in kleur weergegeven.

1 Aalsmeer
2 Haarlemmermeer
3 Amstelveen
4 Uithoorn
5 Kaag en Brasem
6 Nieuwkoop

Figuur 1

4.3 CO_2 en de glastuinbouw

Planten nemen CO_2 op om, onder invloed van licht, suikers te vormen die noodzakelijk zijn voor de groei. In een gesloten kas zou het natuurlijke CO_2 -gehalte hierdoor zeer snel dalen en de groei tot stilstand komen. Daarom moet CO_2 in de kas worden gedoseerd. De hoeveelheid CO_2 die door planten wordt opgenomen wordt voornamelijk bepaald door het bladoppervlak. Dit betekent dus tevens dat teelten met veel bladoppervlak, zoals tomaten en paprika, de grootste CO_2-gebruikers zijn.

Zo bezien is het CO_2-gehalte binnen de kas voor veel teelten bepalend om te kunnen voldoen aan de kwaliteit- en kwantiteiteisen van de productie. Afhankelijk van de teelt betekent een verhoging van het CO_2-gehalte een groeiversnelling, productieverhoging en/of kwaliteitsverbetering. Moderne glastuinbouw is in die zin verworden tot een bedrijfskundige topsport: processen worden tot ver achter de komma geoptimaliseerd en de beschikbaarheid van CO_2 is daarbij van groot belang.

De wijze waarop Nederlandse glastuinbouwbedrijven over CO_2 kunnen beschikken verschilt. In de praktijk zijn er de volgende manieren waarop CO_2 voor de glastuinbouw beschikbaar komt.

1 In zeer veel gevallen wordt de benodigde CO_2 door de kweker zelf geproduceerd. Hierbij zijn de volgende twee manieren het meest gebruikelijk.
   a De rookgassen van de eigen wkk-installatie worden, nadat deze zijn opgewaardeerd in een rookgasreinigingsinstallatie, gedoseerd in een kas.
   b De rookgassen van de eigen aardgasgestookte ketelinstallatie worden, nadat deze zijn afgekoeld tot maximaal 50°C, in de kas gedoseerd.

2 In de regio Westland en Oostland wordt aan circa 550 glastuinbouwbedrijven CO_2 geleverd uit een leidingnetwerk, dat in eigendom is van OCAP. De CO_2 is afkomstig van de Shell en Abengoa. Bij deze twee bedrijven komt deze zuivere CO_2 vrij in hun productieproces.

3 Glastuinbouwbedrijven met een teelt, die zeer gevoelig is voor vervuilende bestanddelen binnen onder andere CO_2, kopen ook regelmatig vloeibare CO_2 in. Deze wordt per tankwagen aangevoerd en opgeslagen in een tank bij het glastuinbouwbedrijf.

In vergelijking met productiegebieden in het Westland en het Oostland is het gebruik van CO_2 binnen de Greenport Aalsmeer traditioneel lager. De belangrijkste reden voor dit verschil is het feit dat het aantal groentebedrijven binnen de Greenport Aalsmeer klein is; het overgrote deel van de bedrijven legt zich toe op sierteelt en potplanten. Binnen de Greenport Aalsmeer wordt CO_2 hoofdzakelijk verkregen middels de eerstgenoemde manier, waarbij met name de inzet van de wkk een grote rol speelt.

De CO_2-levering via de OCAP-leiding in het Westland en het Oostland toont echter aan dat deze leveringswijze vanuit het perspectief van duurzaamheid, kwaliteit, beschikbaarheid en betaalbaarheid goed scoort. Ook voor de Greenport Aalsmeer kan de OCAP-leiding, gezien het feit dat de leiding op enkele kilometers van de greenport passeert, mogelijk van nut zijn. Daarbij moet zeker niet vergeten worden dat de aanwezigheid van een dergelijk CO_2-leveringssysteem steeds vaker een voorwaarde van bedrijven is om zich in een bepaald gebied te vestigen, dan wel te investeren. De investeringen die met een collectief CO_2-leveringssysteem gemoeid zijn, onder andere voor de aanleg van een transportleiding en een distributienetwerk, zijn echter groot. Dergelijke projecten kennen vaak een hoge onrendabele top. Dit vereist een goede en stabiele afname tegen een goede prijs en een partij die het risico voor de aanleg wil nemen.

Kosten van CO_2 bij benadering

	Kosten per kg in € centen
CO_2 uit rookgassen (wkk)	*0,5 - 2,5*
Vloeibare zuivere CO_2	*7,0 – 12*
OCAP	*4,5- 7*

CO_2 van een externe bron, in dit geval de OCAP, concurreert met de 'eigen' CO_2-productie en het gebruik van vloeibare zuivere CO_2. De kwaliteit van de te leveren CO_2 zal beter moeten zijn dat de CO_2 uit de eigen wkk en kan daardoor in prijs iets boven de kostprijs van de 'eigen' CO_2 productie liggen. Een groot voordeel van het gebruik van deze externe CO_2 is ook dat niet automatisch ook een grote hoeveelheid warmte wordt geleverd die nuttig moet worden ingezet, wat in de zomer en de flankseizoenen wel eens heel lastig kan zijn. De prijs die de OCAP hanteert ligt tussen de 4,5 en 7 €ct per kg, afhankelijk van de af te nemen hoeveelheid en capaciteit, welke gezamenlijk de bedrijfstijd van een levering bepalen.

4.4 Warmte en de glastuinbouw

Evenals CO_2 is warmte voor de glastuinbouw essentieel voor de productie en daarmee een gezonde bedrijfsvoering. Binnen de Greenport Aalsmeer voorzien de meeste bedrijven in hun warmtevraag door aardgas in een wkk of ketel te verbranden. Hiervan kan worden gesteld dat zeker het eerstgenoemde gasomzettingsproces bijzonder efficiënt is omdat gelijktijdig zowel warmte als elektriciteit geproduceerd wordt. Vergeleken met de productie van elektriciteit in een grote centrale, waarbij de efficiëntie maximaal 55% is, is de efficiëntie van een wkk tot circa 92% veel groter.

De warmteprijs uit een ketel wordt, uiteraard afhankelijk van het rendement van de ketelinstallatie, voornamelijk bepaald door de prijs voor de brandstof, wat in de meeste gevallen aardgas is.
Het financiële rendement van de wkk wordt bepaald door de zogenaamde *sparkspread*, zijnde de opbrengst van de verkochte of zelf gebruikte elektriciteit minus de gaskosten. Door een hogere gasprijs en een lagere elektriciteitsprijs neemt de *sparkspread* en daarmee het financiële rendement van de wkk af. Op het moment van schrijven is de *sparkspread* erg laag waardoor de warmteprijs relatief hoog is.

De inzet van rest- en afvalwarmte in de glastuinbouw kan, zeker in combinatie met bijvoorbeeld geothermische warmte, leiden tot een aanzienlijke verduurzaming van de energievoorziening van de glastuinbouw. Wel zal de inzet van dergelijke warmte, zeker bij bestaande glastuinbouwbedrijven, altijd moeten concurreren met de productie van warmte van de eigen wkk en ketel.

Geothermische warmte kan, als de bedrijfstijd van een dergelijke bron op minimaal 6.000 uur per jaar wordt gehouden, zeker in combinatie met een SDE-subsidie, leiden tot een voor de glastuinbouw aantrekkelijke warmteprijs. De invoering van dergelijke warmte op een warmtenet met vele afnemers maakt de haalbaarheid van genoemde hoge bedrijfstijden mogelijk doordat, buiten de winterperiode, aan vele afnemers een kleinere hoeveelheid kan worden geleverd.

De prijs van afvalwarmte wordt met name bepaald door de transportkosten, terwijl de prijs van restwarmte met name wordt bepaald door het temperatuurniveau. De kosten voor warmtetransport zijn hoog omdat een dergelijk netwerk altijd bestaat uit een aanvoer- en een retourleiding, die bovendien nog geïsoleerd moeten zijn om een te groot warmteverlies te voorkomen. Warmte van 120°C is relatief duur omdat hiervan ook nog elektriciteit kan worden gemaakt, warmte van circa 40°C komt daarentegen in veel gevallen kosteloos beschikbaar.

De glastuinbouw was in het verleden gebaseerd op een verwarmingstemperatuurregime van 90°C - 70°C. Inmiddels is door het toenemen van teelttechniek en andere installaties een veel lager temperatuurregime mogelijk. Hierdoor zouden veel glastuinbouwbedrijven voor een deel van hun warmtevraag genoegen kunnen nemen met de levering van een relatief lagere temperatuur van 50°C tot 65°C. In een warmtenetwerk moet een minimale temperatuur van de te leveren warmte worden gegarandeerd. Deze gegarandeerde minimale temperatuur is voor ondernemers van belang bij de dimensionering van hun installaties.

Voor de aanleg van een warmtenet zal dus zeer kritisch moeten worden gekeken naar de inkoopmogelijkheden van de verschillende temperaturen warmte en de meest gevraagde warmtetemperatuur van de aan te sluiten gastuinbouwbedrijven.

5 Resultaten van de enquête met toelichting

In totaal is de enquête 133 maal digitaal verzonden. Van de 133 ingeleverde enquêtes zijn er 5 verwijderd omdat deze kennelijk door bedrijven die niet tot de glastuinbouwsector behoren zijn ingevuld en nog eens 6 omdat deze enquêtes, helemaal of vrijwel helemaal, geen gegevens bevatten. Er zijn daarmee 122 bruikbare enquêtes ingeleverd die in deze analyse zijn meegenomen. Uitgaande van circa 450 bedrijven en een steekproefmarge van 8% levert een aantal enquêtes van 122 een betrouwbaarheidsniveau van 95%.

De resultaten van de enquête worden in onderstaande tekst toegelicht. Elke vraag en bijbehorend antwoord worden afzonderlijk behandeld volgens een vaste structuur. Allereerst wordt de vraag, zoals deze in de enquête is opgenomen, beschreven, vervolgens volgen de resultaten voorzien van een korte toelichting.

Voor een heldere weergave van de enquêteresultaten zijn diverse opgaven in beperkte mate gecorrigeerd. Het betreft hier correcties op onjuist ingevulde grootheden, onlogische waarden en onlogische gegevens. Per vraag wordt onder het kopje *'Kwaliteit'* weergegeven welke aanpassingen zijn doorgevoerd.

Vraag 1: Glastuinbouw als hoofdtak of neventak

Glastuinbouw is binnen mijn bedrijf…..

Mogelijke antwoorden:

- Hoofdtak
- Neventak
- Ik heb geen glastuinbouw

Kwaliteit

Bij de invulling van deze vraag kon men aangeven "ik heb geen glastuinbouw". Met behulp van deze vraag konden bedrijven die het verzoek om de enquête in te vullen per abuis hebben ontvangen er worden uitgefilterd. Van de geënquêteerden gaven er 5 aan geen tuinbouwbedrijf te zijn.

Resultaten

Van de 122 behandelde enquêtes werd bij 5 enquêtes aangegeven dat glastuinbouw een neventak van het betreffende bedrijf was en bij één enquête werd deze vraag niet beantwoord.

Vraag 2:

Wat is uw totale glasoppervlakte in m^2?

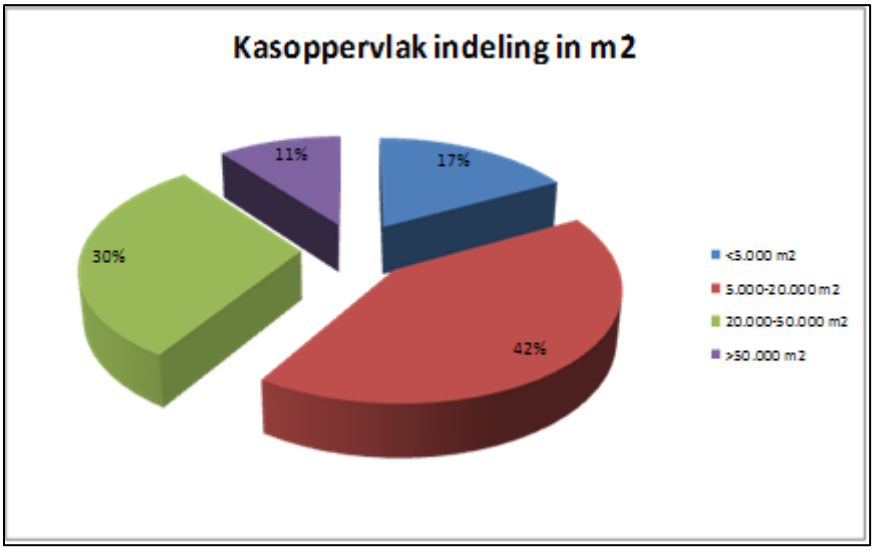
Kwaliteit

Alle 122 geënquêteerden hebben deze vraag ingevuld. Aan de hand van deze vraag kon een inschatting worden gemaakt van het deel van het glasareaal binnen de Greenport Aalsmeer dat bij de enquête betrokken is.

Resultaten

Wanneer de opgegeven glasoppervlakten van alle respondenten bij elkaar worden opgeteld resulteert dit in een totaal aan glasoppervlak van 3.004.970 m^2, ofwel ruim 300 hectaren, dat bij de enquête betrokken is. De opgegeven glasoppervlakten lopen uiteen van 700 m^2 tot 118.000 m^2; het gemiddelde glasoppervlak per respondent ligt op 2,46 hectare.

In figuur 2 zijn de opgegeven glasoppervlakten ingedeeld naar klassengrootte. De klasse van bedrijven met een glasoppervlak tussen 5000 m^2 tot 20.000 m^2 is het grootst, 51 respondenten vallen binnen deze klasse. De bijbehorende absolute waarden zijn naast de figuur weergegeven.



<5.000 m2	21
5.000-20.000 m2	51
20.000-50.000 m2	37
>50.000 m2	13
	122

Figuur 2

Vraag 3:

Hoeveel procent van uw glasoppervlakte wordt belicht?

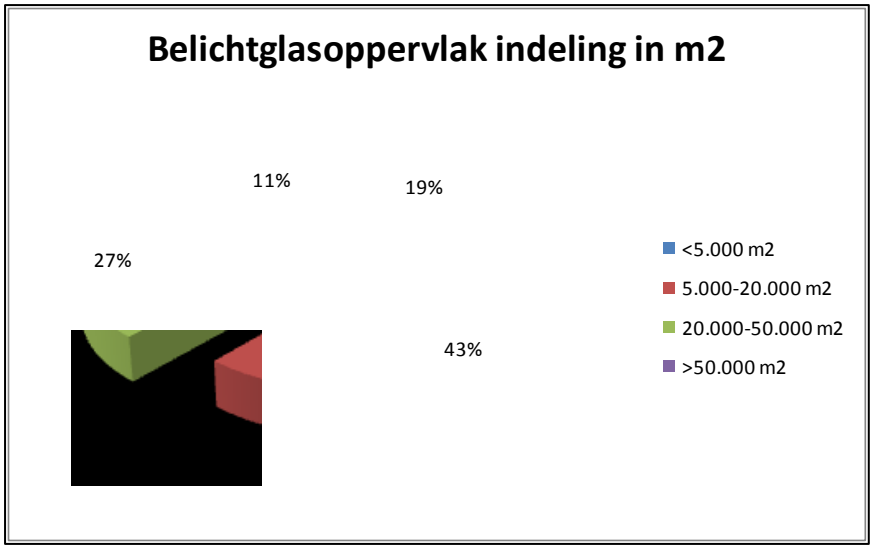
Kwaliteit

Bij enkele enquêtes is deze vraag beantwoord middels een opgave van het belichte glasoppervlak in m^2. Deze gegevens zijn met behulp van de antwoorden op vraag 2 omgezet naar een percentage. Wanneer geen gegevens zijn ingevuld is de waarde 0 ingevuld.

Resultaten

Van de 122 respondenten geven 70 bedrijven aan te belichten. Bij deze 70 bedrijven is gemiddeld 82% van het glasoppervlak belicht.

In figuur 3 is het aantal respondenten dat belicht ingedeeld naar klassengrootte van belicht oppervlak. De meeste, namelijk 30, van de respondenten beheren een belicht glasoppervlak van tussen de 5000 m^2 tot 20.000 m^2. De figuur geeft de procentuele verdeling over de klassen weer, de tabel rechts van de figuur bevat de absolute waarden.



<5.000 m2	13
5.000-20.000 m2	30
20.000-50.000 m2	19
>50.000 m2	8
	70

Figuur 3

Vraag 4:

Hoeveel uren belicht u gemiddeld per jaar?

Kwaliteit

Eén belichter die 100% belicht heeft de tijd niet ingevuld, twee anderen hebben een belichtingstijd van minder dan 10 uur opgegeven en één kweker heeft voor zijn verschillende teelten afzonderlijk de belichtingstijden ingevuld. Voor de eerste 3 kwekers is de belichtingstijd van vergelijkbare teelten ingevuld, voor de laatste is het gemiddelde van de opgegeven belichtingstijden genomen. Voor een aangenomen verschrijving van 50.000 uur is 5.000 uur ingevuld (rozenteelt). Bij enquêtes waar niets is opgegeven is 0 ingevuld.

Resultaten

Uit de enquêtes blijkt dat de gemiddelde door de telers toegepaste belichtingstijd 2.455 uur per jaar bedraagt. De teler met het grootst aantal belichtingsuren belicht 5000 uren per jaar.

Vraag 5:

Wat teelt u?

Mogelijke antwoorden: (meerdere mogelijk)

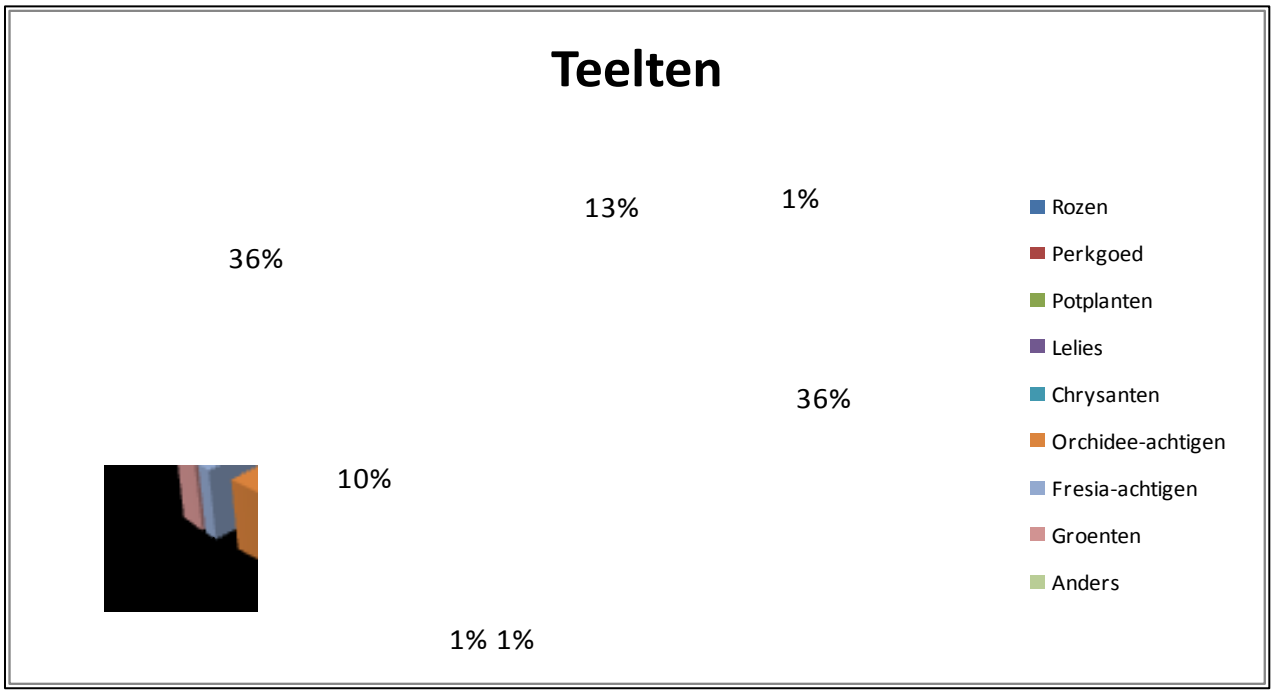
- Rozen
- Potplanten
- Chrysanten
- Fresia-achtigen
- Anders, namelijk
- Perkgoed
- Lelies
- Orchidee-achtigen
- Groenten en/of fruit

Kwaliteit

Van de geënquêteerden hebben twee respondenten deze vraag niet beantwoord. Zij zijn derhalve niet meegenomen in de resultaten.

Resultaten

In totaal zijn er 131 teelten opgegeven, hetgeen impliceert dat meerdere kwekers meer dan één teelt hebben opgegeven. Uit de resultaten blijkt dat ruim een derde van de respondenten zich toelegt op de kweek van potplanten. Ook telers van rozen (13%) en orchidee-achtigen (10%) zijn in vergelijking met andere teelten goed vertegenwoordigd binnen de respondenten. Opvallend is voorts dat veel respondenten, namelijk 36%, hebben aangegeven andere teelten toe te passen. De resultaten zijn weergegeven in figuur 4.



Figuur 4: Weergave van de teeltverdeling, zoals deze door de respondenten is opgegeven.

Vraag 6:

Wat zijn uw toekomstplannen tussen nu en 10 jaar?

Mogelijke antwoorden: (meerdere mogelijk)

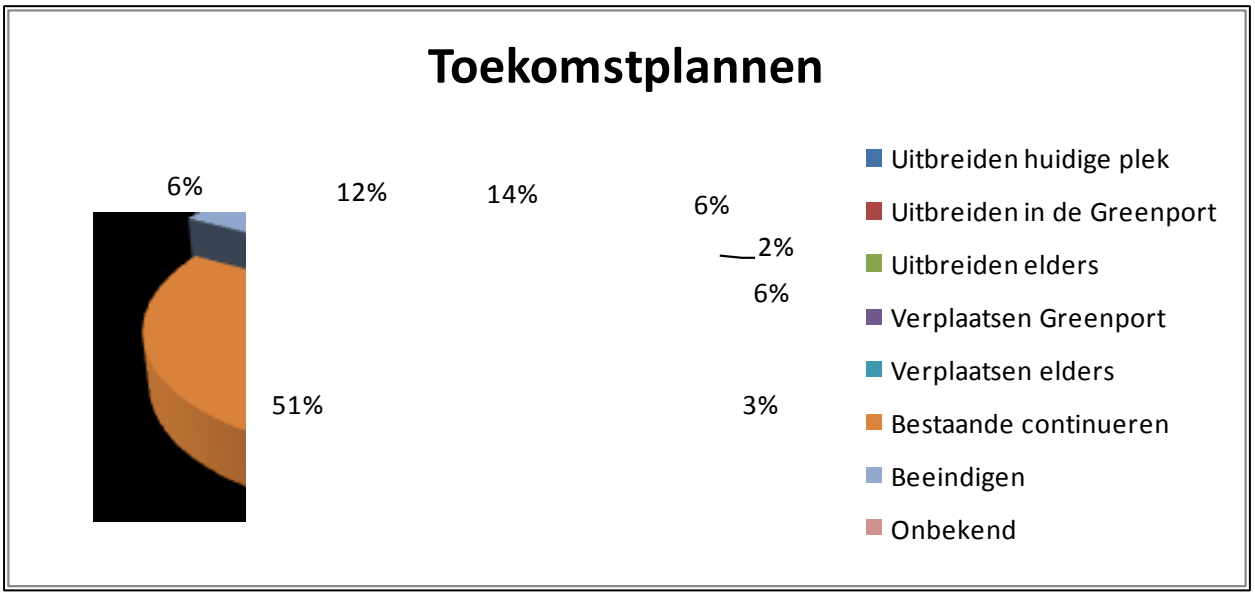
- Uitbreiden op de huidige locatie
- Uitbreiden op een andere locatie, binnen de Greenport Aalsmeer
- Uitbreiden op een locatie, buiten de Greenport Aalsmeer
- Verplaatsen naar een andere locatie, binnen de Greenport Aalsmeer
- Verplaatsen naar een andere locatie, buiten de Greenport Aalsmeer
- Huidige bedrijfsactiviteiten continueren
- Het bedrijf beëindigen
- Onbekend

Kwaliteit

Alle geënquêteerden hebben deze vraag beantwoord. Conform de geboden mogelijkheid heeft een aantal respondenten meerdere antwoorden ingevuld.

Resultaten

Op deze vraag zijn 146 antwoorden gegeven. Ruim de helft van de geënquêteerden geeft aan de huidige bedrijfsactiviteiten in de huidige vorm te willen continueren. Meer dan 20% van de respondenten heeft opgegeven binnen nu en tien jaar op de huidige locatie, dan wel elders, te willen uitbreiden. Zes procent van de ondernemers verwacht binnen de genoemde periode het bedrijf te beëindigen. In figuur 5 zijn de resultaten grafisch weergegeven.



Figuur 5: Weergave van de opgegeven toekomstplannen van de respondenten.

Vraag 7:

Indien u wilt uitbreiden, hoeveel wilt u dan uitbreiden?

Mogelijke antwoorden:

De respondenten konden hier aangeven met hoeveel vierkante meter aan glas en/of hoeveel hectaren aan grond zij willen uitbreiden.

Kwaliteit

Voor de opgegeven uitbreidingen qua glas en grond zijn door de respondenten uiteenlopende eenheden toegepast. Om een eenduidig overzicht te kunnen presenteren is ervoor gekozen om alle gegevens om te zetten in vierkante meters.

Resultaten

De vraag naar de gewenste uitbreiding van het glasoppervlak is door 31 respondenten beantwoord. 19 geënquêteerden hebben ingevuld dat zij hun bedrijf qua grondoppervlak willen uitbreiden. De gemiddelde gewenste uitbreiding van het glasoppervlak bedraagt 23.395 m^2. Voor wat betreft de gewenste uitbreiding van het grondoppervlak is gemiddeld 36.343 m^2 opgegeven.

Vraag 8:

Wat is de capaciteit van uw wkk-installaties?

Kwaliteit

De ingevulde gegevens zijn duidelijk; er zijn geen correcties doorgevoerd.

Resultaten

Verschillende geënquêteerden hebben meerdere wkk's tot hun beschikking en in bedrijf. In onderstaand overzicht zijn de resultaten weergegeven. In totaal hebben de respondenten 101 wkk's tot hun beschikking met een totaal vermogen van 85,6 MWe.

	aantal	Gem. vermogen in kWe	Totaal vermogen in MWe
1e wkk	58	851	49,3
2e wkk	30	789	23,6
3e wkk	9	992	8,9
4e wkk	4	913	3,6
5e wkk	0	0	0
Totaal	101		85,6

Tabel 1: Weergave van de opgegeven wkk-vermogens.

Vraag 9:

Gebruikt u naast de wkk ook andere energiebronnen voor uw bedrijf?

Kwaliteit

Het betreft hier een open vraag, de diversiteit aan antwoorden is groot.

Resultaten

Van de respondenten hebben 15 mensen niets bij deze vraag ingevuld. 33 geënquêteerden geven aan geen andere energieomzettingsinstallatie te hebben en 55 respondenten hebben geantwoord dat zij 1 of meerdere ketels hebben. 19 mensen hebben ingevuld over andere aanvullingen te beschikken, hieronder zijn genoemd houtstook, warmtepomp, zonnepanelen et cetera.

Vraag 10:

Doseert u CO_2 in uw kas?

Mogelijke antwoorden:

- Nee
- Ja, van eigen wkk/ketel
- Ja, vloeibare CO_2
- Anders, namelijk…

Kwaliteit

Enkele respondenten hebben meerdere antwoorden ingevuld. Deze vraag is door 5 geënquêteerden niet ingevuld, zij zijn niet meegeteld in het resultaat.

Resultaten

Het aantal bedrijven dat volgens de enquête CO_2 gebruikt bedraagt 67, dit is 55% van de geënquêteerde bedrijven. Van de 67 bedrijven die CO_2 gebruiken zijn er 50 die dit onder andere betrekken van de eigen wkk en/of ketel. Meer dan 37% van de bedrijven die CO_2 gebruiken krijgen dit onder andere in vloeibare vorm aangeleverd. De resultaten zijn in onderstaande tabel 2 weergegeven.

Nee	***49***
Van eigen wkk/ketel	*50*
Vloeibare CO2	*25*
Anders	*2*
Totaal	*126*

Tabel 2: Weergave gebruik van CO_2 onder de respondenten.

Vraag 11:

Hoeveel ton CO_2 gebruikt u gemiddeld per jaar?

Kwaliteit

Van de respondenten hebben 74 mensen geen antwoord ingevuld, hetgeen veel is gezien het aantal van 67 bedrijven dat aangeeft wel CO_2 te doseren.

Resultaten

Op basis van de 33 geënquêteerden die deze vraag wel hebben ingevuld kan worden gesteld dat de gemiddelde waarde van de jaarlijks gedoseerde hoeveelheid CO_2 269 ton bedraagt. Er is 15 keer ingevuld dat men niet weet hoeveel men jaarlijks doseert. Dit in combinatie met het ontbreken van een antwoord in 74 enquêtes kan worden gesteld dat deze vraag voor veel ondernemers lastig te beantwoorden is en dat men niet exact in beeld heeft hoeveel CO_2 men jaarlijks doseert.

Vraag 12:

Wat is de pmm-waarde die u in uw kas aanhoudt?

Kwaliteit

Sommige geënquêteerden gaven een spreiding aan, hiervoor is de gemiddelde waarde aangegeven, sommigen vulden een vraagteken in, hiervoor is de waarde 600 ingevuld. Dit is voor veel teelten, met uitzondering van rozen en groenten, een gangbare waarde.

Resultaten

Op deze vraag zijn door 66 respondenten waarden ingevuld. De gemiddeld opgegeven pmm-waarde is 908.

Vraag 13:

Als er via een betrouwbare leiding voor een concurrerende prijs CO_2 bij uw bedrijf beschikbaar komt, zou u dan CO_2 van deze leiding willen afnemen?

Mogelijke antwoorden:

- Weet ik niet
- Nee
- Ja, van de hoeveelheid CO_2 die ik in totaal nodig heb zou ik het volgende percentage van de leiding willen afnemen:….

Kwaliteit

Zeven geënquêteerden geven aan CO_2 te willen afnemen, maar vulden daarbij geen percentage in. Bij deze respondenten is een percentage ingevuld gebaseerd op het door hen ingevulde antwoord op vraag 11, of als hier niets was ingevuld, 50%. Bij diverse enquêtes werd een getal met de toevoeging 'ton' ingevuld. Velen hebben een waarde van boven de 100 ingevuld. Aannemelijk is dat deze waarden als een hoeveelheid in tonnen moeten worden gelezen. Gezien de onbetrouwbaarheid ten aanzien van de opgegeven percentages is bij de analyse van de uitkomsten besloten om de aan het antwoord 'Ja' gekoppelde percentages niet mee te nemen in de beantwoording. Daarmee zijn alleen de antwoorden 'weet ik niet', 'nee' en 'ja' meegenomen in de resultaten.

Resultaten

Van de geënquêteerden hebben er 107 een antwoord gegeven op deze vraag. Dit betekent dat 40 kwekers die nu geen CO_2 doseren toch deze vraag hebben beantwoord. Geconstateerd kan worden dat 47 kwekers aangeven CO_2 van een leiding te willen afnemen. Van de kwekers die nu al CO_2 doseren geeft 57% aan CO_2 uit de leiding te willen afnemen. 38 Geënquêteerden geven aan nog niet te weten of zij CO_2 van een leiding willen afnemen. In hoofdstuk 6 wordt hier nader op ingegaan. Tabel 3 geeft de verdeling van de antwoorden op vraag 13 weer.

Weet ik niet	***38***
Nee	*22*
Ja,	*47*

Tabel 3: Weergave van de antwoordverdeling op vraag 13.

Vraag 14:

Hoeveel capaciteit aan te leveren CO_2 (in kilo per uur) heeft u op piekmomenten maximaal nodig?

Kwaliteit

Deze vraag is door 22 geënquêteerden ingevuld, waarbij 6 respondenten aangeven niet te weten hoeveel zij op piekmomenten maximaal nodig hebben. De andere respondenten hebben wel een waarde ingevuld.

Resultaten

Uit de antwoorden blijkt dat de gevraagde gemiddelde aansluitcapaciteit 765 kilo per uur bedraagt.

Vraag 15:

Als er via een betrouwbare leiding voor een concurrerende prijs warmte bij uw bedrijf beschikbaar komt, zou u dan warmte van deze leiding willen afnemen?

Mogelijke antwoorden:

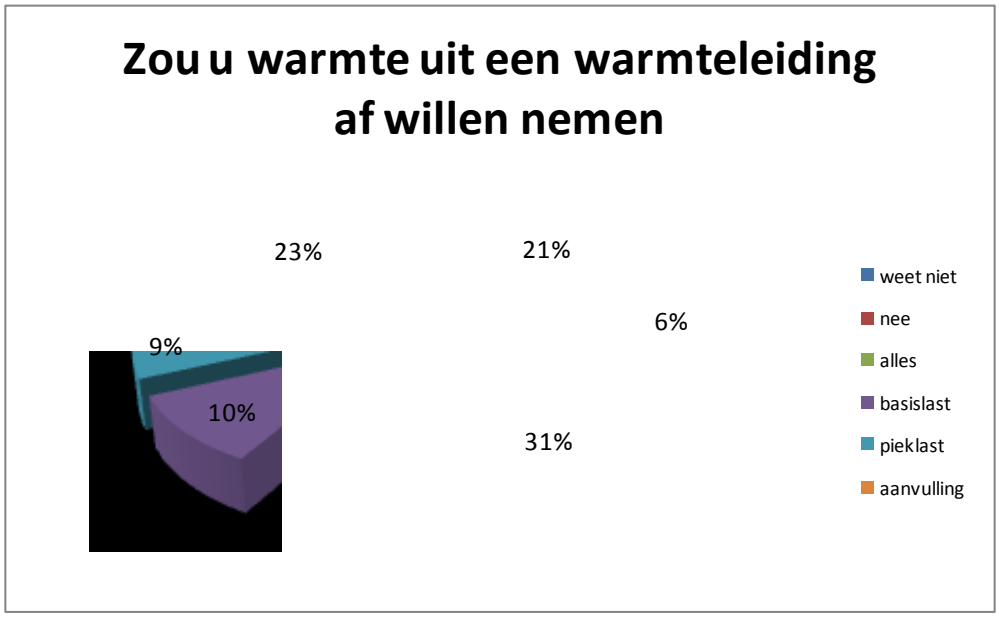
- Weet ik niet
- Nee
- Ja, namelijk alle benodigde warmte
- Ja, namelijk basislast
- Ja, namelijk pieklast
- Ja, namelijk alle benodigde warmte buiten de door mijn eigen WKK/ketel geproduceerde warmte om. Dit komt neer op een equivalent van het volgende aantal kubieke meter aardgas per jaar (vul in m^3 per jaar)

Kwaliteit

Alle respondenten hebben deze vraag beantwoord, waarbij iedere geënquêteerde één antwoord heeft ingevuld, er zijn derhalve geen correcties toegepast.

Resultaten

Uit de opgegeven antwoorden blijkt dat het overgrote deel van de respondenten warmte van een leiding zou willen afnemen: een minderheid, namelijk 6% geeft aan geen warmte van een leiding te willen afnemen. Bijna een derde van respondenten heeft ingevuld dat zij alle benodigde warmte willen afnemen uit een leiding. In totaal blijkt 73% van de respondenten warmte af te willen nemen uit een leiding. In figuur 6 is de verdeling van antwoorden grafisch weergegeven.



Figuur 6: Weergave van de antwoordverdeling op vraag 15.

Vraag 16:

Hoeveel procent van uw glasoppervlakte is verwarmd?

Kwaliteit

Diverse geënquêteerden hebben bij deze vraag geen percentage ingevuld maar een oppervlaktemaat. Alle antwoorden zijn gecorrigeerd naar percentages. 13 respondenten hebben deze vraag niet beantwoord.

Resultaten

Op basis van de gegeven antwoorden blijkt dat het gemiddelde verwarmde oppervlak 96 procent bedraagt.

Vraag 17:

Stel er is een leidingenstelsel bij u in de buurt waardoor CO_2 en warmte tegen concurrerende tarieven en op betrouwbare wijze geleverd kunnen worden. De CO_2 is echter nog niet leverbaar. Zou u in dit geval warmte willen afnemen?

Mogelijke antwoorden:

- Weet ik niet
- Ja
- Nee

Kwaliteit

Met deze vraag is, evenals met vraag 18, gepoogd om de (tijdelijke) afhankelijkheid tussen levering van CO_2 en warmte via een leidingstelsel inzichtelijk te maken. Bij deze vraag hebben 11 geënquêteerden niks ingevuld.

Resultaten

Een ruime meerderheid van de respondenten geeft aan ook warmte van een leiding te willen afnemen wanneer CO_2 via een leidingstelsel in de buurt nog niet geleverd kan worden. Elf geënquêteerden zullen in dat geval geen warmte afnemen. Ongeveer 23% van de respondenten die deze vraag beantwoord hebben geeft aan nog niet te weten of zij in deze situatie warmte zullen afnemen.

Weet ik niet	***26***
Ja	***74***
Nee	***11***

Tabel 4: Weergave van de antwoordverdeling op vraag 17.

Vraag 18:

Stel er is een leidingenstelsel bij u in de buurt waardoor CO_2 en warmte tegen concurrerende tarieven en op betrouwbare wijze geleverd kunnen worden. De warmte is echter nog niet leverbaar. Zou u in dit geval CO_2 willen afnemen?

Mogelijke antwoorden:

- Weet ik niet
- Ja
- Nee

Kwaliteit

13 geënquêteerden hebben deze vraag niet beantwoord.

Resultaten

Uitgaande van de 109 antwoorden op deze vraag kan gesteld worden dat 43% van de respondenten CO_2 zou willen afnemen van een leidingstelsel wanneer warmte per leiding nog niet leverbaar is. Ongeveer een gelijk aantal (bijna 40%) heeft geantwoord dat zij in deze situatie geen CO_2 zouden willen afnemen. 19 respondenten hebben geantwoord (nog) niet te weten of zij onder de beschreven omstandigheid CO_2 willen afnemen. De uitkomsten van deze vraag zijn weergegeven in tabel 5.

Weet ik niet	***19***
Ja	***47***
Nee	***43***

Tabel 5: Weergave van de antwoordverdeling op vraag 18.

Vraag 19:

Met deze vraag is de geënquêteerden de gelegenheid geboden om eventuele opmerkingen, bijvoorbeeld in de vorm van wensen, problemen en/of ideeën, met betrekking tot CO_2, warmte en belichting aan te dragen.

Resultaten

Van alle respondenten hebben 24 mensen een opmerking ingevuld. Deze gegevens worden vertrouwelijk behandeld.

Vraag 20:

De geënquêteerden zijn met deze vraag verzocht om hun naam- en adresgegevens op te geven.

Resultaten

Van de geënquêteerden hebben 69 mensen hun gegevens verstrekt. Deze gegevens worden vertrouwelijk behandeld en dienen als input om overige resultaten gebiedsgericht te kunnen presenteren.

6 Resultaten CO_2 en warmte in relatie tot Greenport Aalsmeer

6.1 Verdieping en verantwoording extrapolatie onderzoeksresultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de enquête nader uitgewerkt om, zoals met de kernvragen in de inleiding is verwoord, meer inzicht te verschaffen in het huidige gebruik van CO_2 en warmte binnen de Greenport Aalsmeer en de bereidheid van ondernemers om deze middelen in de toekomst via alternatieve kanalen CO_2 te betrekken.

Doel van dit onderzoek is om een uitspraak te kunnen doen over de hele glastuinbouwsector binnen de Greenport Aalsmeer. Dit vraagt om een nadere bewerking van de door de respondenten opgegeven gegevens. Op basis van de enquête-uitkomsten en de beschikbare gegevens van de Greenport Aalsmeer kan gesteld worden dat de enquête is ingevuld door circa 30% van het aantal bedrijven binnen de greenport. De resultaten laten zien dat deze bedrijven circa 50% van het totale glasoppervlak beslaan. Dit impliceert, hetgeen wordt ondersteund door de data, dat met name de grotere bedrijven op deze enquête hebben gereageerd.

Extrapolatie van de onderzoeksresultaten naar greenportniveau vraagt op basis van de aantallen bedrijven om een vermenigvuldigingsfactor drie en op basis van het betrokken glasoppervlak om een vermenigvuldigingsfactor twee. Deze beredenering houdt echter geen rekening met het feit dat de relatief grote bedrijven aan de enquête hebben deelgenomen en dat de overige bedrijven binnen de Greenport Aalsmeer, welke de enquête niet hebben ingevuld, voor een aanzienlijk deel bestaan uit waarschijnlijk oudere, kleinere bedrijven. Aannemelijk is dat het animo onder deze kleinere, oudere bedrijven voor aansluiting op een CO_2- en/of warmtenet minder groot zal zijn dan bij de bedrijven die wel hebben deelgenomen aan de enquête. Vanuit dit kader is ervoor gekozen om bij het extrapoleren van de enquêteresultaten naar greenportniveau een vermenigvuldigingsfactor van anderhalf toe te passen. Gezien de grote mate van onzekerheid van de opbouw van het glasareaal van diegenen die geen enquête hebben ingeleverd, mede omdat de omvang en samenstelling van het totale glasareaal niet goed bekend is, moet bij de geëxtrapoleerde data gerekend worden met een foutmarge van plus of min 20%.

6.2 Resultaten CO_2 in relatie tot Greenport Aalsmeer

Huidig CO_2-gebruik respondenten

Zoals in hoofdstuk 5 is verwoord blijkt uit de enquête dat 67 respondenten momenteel CO_2 doseren. De vraag waarmee getracht is om helder te krijgen hoeveel CO_2 de geënquêteerden doseren is echter weinig beantwoord. Om toch een uitspraak te kunnen doen over de hoeveelheid CO_2 die momenteel jaarlijks door de ondernemers wordt gedoseerd is een alternatieve benaderingswijze toegepast. Deze wijze gaat uit van beschikbare kengetallen verkregen uit eerdere onderzoeken naar het CO_2-gebruik onder telers in onder meer het Oostland en Heerhugowaard. Deze kengetallen zijn van toepassing op de gevraagde CO_2-capaciteit en op de gevraagde CO_2-hoeveelheden, waarbij de kengetallen per teeltsoort zijn gespecificeerd. In tabel 6 zijn deze kengetallen per teelt weergegeven.

	kg/ha/uur	kg/m2/jaar
Rozenteelt	120	20
Potplanten	50	8
Orchidee-achtigen	100	18
Groenten	150	30

Tabel 6: Weergave van de kengetallen zoals deze zijn toegepast om de gevraagde CO_2-capaciteit en CO_2-hoeveelheid te kunnen berekenen.

In vergelijking met de toegepaste kengetallen worden in de enquête overigens meer teelten onderscheiden. Het betreft de categorieën perkgoed, lelies, chrysanten, de fresia-achtigen en de categorie 'anders'. Om ook voor deze groepen respondenten de CO_2-vraag qua hoeveelheid en capaciteit te kunnen berekenen is een afgeleide waarde van de in tabel 6 genoemde kengetallen ingevuld, gebaseerd op ervaringscijfers met vergelijkbare teelten.

Met toepassing van bovenstaande benaderingswijze blijkt dat de 67 respondenten die in de enquête hebben aangegeven CO_2 te doseren jaarlijks circa 33.000 ton CO_2 doseren met een totale capaciteit van ruim 19 ton per uur.

<u>CO_2-gebruik respondenten in relatie tot toekomstige leiding</u>

Uit de enquête blijkt dat van de 67 CO_2-doserende telers 45 telers in de toekomst CO_2 uit een leidingnet willen afnemen, hetgeen 67% van de CO_2-doserende telers betreft. Wanneer deze gegevens worden verwerkt met de antwoorden op vraag 13 blijkt dat de respondenten jaarlijks ruim 23.000 ton CO_2 van een leiding zouden willen afnemen met een maximale capaciteit van 17 ton per uur.

Bij deze berekening is de groep respondenten die heeft aangegeven nog niet te weten of zij CO_2 via een leiding zal afnemen niet betrokken. Ervaringen met de OCAP-leiding, die onder andere het Oostland en het Westland van CO_2 voorziet, leren dat, wanneer een CO_2-leiding voorhanden is, de meeste ondernemers deze voorziening ook daadwerkelijk gaan benutten voor het doseren van CO_2. Het betreft hier dan zowel ondernemers die CO_2 al toepasten binnen hun productieproces als ondernemers die nog geen CO_2 doseerden. Gestoeld op deze ervaringen is een aanvullende berekening gemaakt waarbij wordt uitgegaan van de situatie dat alle respondenten die 'ik weet niet' hebben ingevuld op de vraag of zij CO_2 van een leiding willen afnemen, op termijn 50% van deze CO_2 per leiding gebruik zullen maken. Voor deze groep is aan de hand van de kengetallen berekend wat zij momenteel aan CO_2 nodig zouden hebben gehad en vervolgens is op basis van deze getallen berekend voor welke hoeveelheid en capaciteit zij in de toekomst aanspraak zullen maken op de CO_2-levering per leiding.

Voor de groep die heeft aangeven CO_2 per leiding te willen afnemen en voor 50% van de groep die heeft aangegeven nog niet te weten of zij CO_2 per leiding zullen afnemen is op basis van bovenstaande berekening en beargumentering becijferd dat er binnen deze groepen ondernemers jaarlijks circa 37.000 ton aan CO_2 gedoseerd zal worden met een maximum capaciteit van ruim 21 ton per uur, waarvan jaarlijks 24.000 ton CO_2 uit de CO_2-leiding zal worden afgenomen met een maximum capaciteit van 19 ton per uur.

Nadere, in dit verband ondergeschikte, informatie van de enquêteresultaten met betrekking tot CO_2 zijn in de bijlage opgenomen.

<u>Extrapolatie CO_2-gegevens respondenten naar hele Greenport Aalsmeer</u>

In paragraaf 6.1 is beschreven op welke wijze enquêtegegevens geëxtrapoleerd kunnen worden naar het schaalniveau van de gehele Greenport Aalsmeer. Op basis van deze uitgangspunten is voor de gehele greenport, uitgaande van de situatie dat er CO_2 per leiding beschikbaar is, een dosering berekend van circa 55.000 ton CO_2 per jaar met een totale capaciteit van ruim 31 ton per uur. Van deze hoeveelheid is afgeleid dat de kwekers binnen de Greenport Aalsmeer jaarlijks ruim 36.000 ton aan CO_2 uit een leiding zullen afnemen met een maximale capaciteit van 28 ton per uur.

6.3 Resultaten warmte in relatie tot Greenport Aalsmeer

<u>Huidige warmtevraag respondenten</u>

In de enquête is de ondernemers gevraagd om aan te geven welk deel van hun glasoppervlak verwarmd wordt. Deze uitkomsten zijn gekoppeld aan kengetallen voor de warmtevraag in m^3 ae per m^2, zoals deze in onderstaande tabel staan weergegeven. Dit zijn kengetallen die aangeven hoeveel warmte per teelt in een kas wordt gebruikt. Dit zijn kentallen gebaseerd zoals deze door diverse installateurs en adviseurs worden gehanteerd om inzicht te verkrijgen over de orde van grootte van de warmtevraag van een kassencomplex.

Warmtevraag per teelt	m3 ae/m2
Rozen	33
Potplanten	20
Orchidee-achtigen	28
Lelies	25
Chrysanten	29

Tabel 7: In deze tabel is weergegeven hoe groot de warmtevraag per teelt is.

Op basis hiervan is berekend dat er 68 * 10^6 m^3 aardgas equivalenten (ae) aan warmte wordt gebruikt door de ondernemers. De gemiddelde warmtevraag voor een bedrijf bedraagt 560.000 m^3 ae.

Warmtegebruik respondenten in relatie tot toekomstige leiding

De geënquêteerden is in vraag 15 gevraagd of en welk deel van hun warmtebehoefte zij van een leiding zou willen afnemen, indien een dergelijke voorziening beschikbaar zal komen. Om de gewenste hoeveelheden te kunnen berekenen zijn de antwoorden op deze vraag gekoppeld aan percentages, waarbij de volgende verdeling is aangehouden:

Nee	0%
Ja, namelijk alle benodigde warmte	100%
Ja, namelijk basislast	25%
Ja, namelijk pieklast	15%
Ja, namelijk aanvulling op de WKK/ketel	15%

Overigens heeft een aantal respondenten vraag 15 beantwoord door een waarde in te vullen. Bij de berekening zijn deze waarden overgenomen.

Zo beredenerend kan worden gesteld dat van alle ondernemers die warmte van een leiding willen afnemen, namelijk 73% van alle respondenten, ruim een derde alle warmte die zij voor hun bedrijf nodig hebben willen afnemen van deze leiding.

In totaal blijkt er onder de respondenten een jaarlijkse vraag van 30 * 10^6 m^3 aardgas equivalenten (ae) aan warmte uit een warmtenet te bestaan. De gemiddelde warmtevraag bedraagt 310.000 m^3 ae.

Extrapolatie warmtegegevens respondenten naar hele Greenport Aalsmeer

Wanneer de bovenstaande uitkomsten worden geëxtrapoleerd volgens de in paragraaf 6.1 beschreven wijze kan worden gesteld dat voor de gehele Greenport Aalsmeer de behoefte zal bestaan om 45 * 10^6 m^3 ae aan warmte van een warmtenet af te nemen.

7 Vervolgtraject

De basis is gelegd, de vraag is bekend

Zoals in de inleiding is beschreven vormt draagvlak in brede zin een fundamentele en essentiële waarde om duurzaamheidsinitiatieven tot stand te brengen. Dit is zeker van toepassing op de Greenport Aalsmeer, waarbij de dynamiek binnen het glastuinbouwgebied hoofdzakelijk afhankelijk is van en gedragen wordt door de ondernemers. De slagingskansen van nieuwe CO_2- en warmtetoepassingen binnen de greenport, welke tot doel hebben om het glastuinbouwgebied te verduurzamen en economisch te versterken, worden aanzienlijk vergroot met de inzet en medewerking van de glastuinbouwers. Een goed inzicht in hun motieven en in hun vraagbehoeften kan het verschil betekenen tussen uitvoering of stagnatie van veelbelovende concepten.

Vanuit dit perspectief is met het voorliggend onderzoek een stevige basis gelegd. Op gedegen wijze zijn de vraagbehoeften van de Greenport Aalsmeer-ondernemers voor wat betreft CO_2 en warmte inzichtelijk gemaakt. De term vraagbehoefte mag gezien de resultaten met recht als zodanig worden uitgesproken. De vraag naar CO_2 en warmte binnen de Greenport Aalsmeer blijkt aanzienlijk en kan in vergelijking met andere tuinbouwgebieden als substantieel worden beschouwd. Daarbij toont het onderzoek aan dat er grote bereidheid onder de ondernemers bestaat om CO_2 en warmte via alternatieve kanalen, zoals een leidingstelsel, af te nemen.

Voortbouwen op de uitkomsten

De uitkomsten van dit onderzoek verschaffen de Greenport Aalsmeer een positie om zich als vrager van CO_2 en warmte te manifesteren. Het zijn deze onderzoeksresultaten die als toetsingskader kunnen fungeren voor de haalbaarheid van beschikbare technieken en nieuwe concepten en waarmee de zoektocht naar maatwerkoplossingen vormgegeven kan worden. Hieruit blijkt de waarde van de gezette stap, maar hieruit blijkt ook dat vervolgstappen nodig zijn om tot concrete resultaten te komen.

Het in samenhang versterken van de duurzaamheid en de economische kracht van de Greenport Aalsmeer vraagt meer dan het nu beschikbare inzicht in de CO_2- en warmtevraag en de bereidheid van ondernemers om deze middelen van een leiding af te willen nemen. Onderstaand worden de vervolgstappen geschetst van het traject om CO_2 en warmte in de toekomst op een laagdrempelige, duurzame en betrouwbare wijze voor de Greenport Aalsmeer beschikbaar te krijgen.

De vervolgstappen zijn:

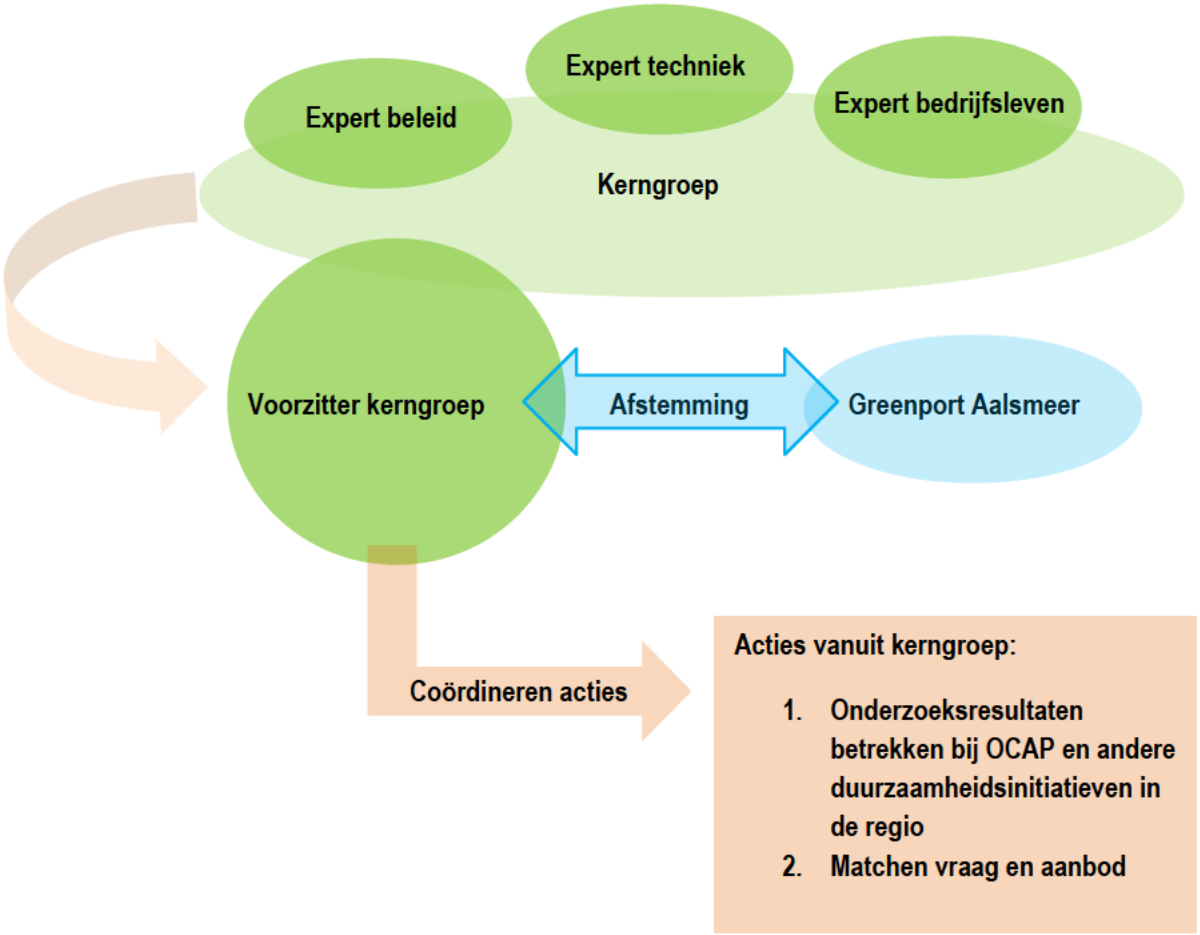
Procesmatig

Instellen overkoepelende kerngroep CO_2 en warmte (periode: per direct: voorjaar 2013)

In de gehele regio van de Greenport Aalsmeer bestaan diverse initiatieven ten aanzien van warmtenetten en in mindere mate ten aanzien van CO_2-netten. Op dit moment is de kennisuitwisseling en samenwerking tussen deze initiatieven beperkt of zelfs afwezig. Deelnemers opereren binnen het spectrum van hun project en een schakelend orgaan ontbreekt. De massa van de Greenport Aalsmeer en de te behalen synergievoordelen worden daarmee niet benut.

Het instellen van een kerngroep, bestaande uit mensen die zowel in technisch, als beleids- en procesmatig opzicht weten wat er in het gebied speelt, is noodzakelijk. Het is de taak van deze kerngroep om door middel van het koppelen van initiatieven de haalbaarheid van het CO_2- en warmtenet te vergroten. De kerngroep is, hangend onder de greenporttrekkers van duurzaamheid, het orgaan dat het overzicht op het schaalniveau van de Greenport Aalsmeer houdt voor wat betreft CO_2- en warmtegerelateerde zaken en vanuit dat perspectief acties uitzet met als doel om het CO_2- en warmtenet te realiseren. Om de effectiviteit van de frequent bij elkaar komende kerngroep te verhogen wordt de kerngroep geleid door een voorzitter, welke ondersteunende werkzaamheden verricht, de voortgang bewaakt en de uitvoerende acties coördineert.

Actie: er dient per direct opdracht gegeven te worden tot het formeren van een kerngroep CO_2 en warmte.



Acties door kerngroep uit te voeren

Ad 1. Onderzoeksresultaten betrekken bij OCAP (periode: per direct: voorjaar 2013)

De OCAP is voornemens om op korte termijn een besluit te nemen over investeringen ter aansluiting van de Greenport Aalsmeer op de bestaande CO_2-leiding bij Hoofddorp. Het is daarom primair, vooruitlopend op onderstaande acties, van belang om voorliggende onderzoeksgegevens te betrekken bij deze besluitvorming. Op basis van de gegevens van dit onderzoek, waarmee de totale behoefte aan CO_2 van de Greenport Aalsmeer inzichtelijk is gemaakt, in combinatie met offertes voor de benodigde infrastructuur kan de financieringsbehoefte aan onrendabele top berekend worden en kunnen partijen, waaronder de stuurgroep, zinnig en concreet gaan zoeken naar de benodigde financiering.

Actie: de (voorzitter van de) kerngroep gaat met de OCAP in gesprek om af te stemmen.

Ad 2. Het matchen van vraag en aanbod

2a. *Het inzichtelijk maken van aanbodkant: de bronnen (periode: voorjaar/zomer 2013)*

Binnen en direct buiten de greenport zijn meerdere potentiële bronnen van warmte en CO_2 beschikbaar. Voor de bronnen die reeds in onderzoek zijn in het kader van de Kamer van Koophandel-projecten (bijvoorbeeld CO_2 welke geleverd kan worden vanuit de biomassavergister of vanuit de vuilverbranding) kunnen de resultaten van de voorliggende inventarisatie directe invoer geven voor de uitwerking van de businesscase. Veel (potentiële) bronnen zijn echter nog niet in kaart gebracht. Om vraag en aanbod goed te kunnen matchen is een aanbodinventarisatie nodig. Verwerking van de aanbodinventarisatie in een overzichtelijk kaartbeeld, waarop aangegeven staat waar en in welke mate zich binnen en buiten de Greenport Aalsmeer aanbod van warmte en CO_2 voordoet, is gewenst.

Actie:
- de kerngroep zet een inventarisatie uit naar het aanbod van CO_2 en warmte binnen en buiten de Greenport Aalsmeer, waarbij onder andere informatie over kwantiteit en kwaliteit vergaard wordt.
- de aanbodlocaties worden in een kaartbeeld gevoegd, opdat de geografische spreiding van het aanbod inzichtelijk wordt.

2b. *Het specificeren van de vraagkant (periode: voorjaar/zomer 2013)*

De aanbodinventarisatie dient te worden gekoppeld aan een vraagbeeld. Voor de bestaande glastuinbouw kunnen hiervoor de gegevens van voorliggend rapport worden gebruikt. Deze gegevens dienen aangevuld te worden met een indicatie van de toekomstige vraag en locatiespecifieke informatie, opdat per glascluster de ontwikkelingen inzichtelijk worden. Bij dit proces kan de glasmonitor van de provincie Noord-Holland betrokken worden. Deze vraaggerelateerde informatie kan vervolgens op het kaartbeeld ingevoegd worden.

Actie:
- de kerngroep maakt de geografische spreiding van de vraag naar CO_2 en warmte per glascluster inzichtelijk. Dit gebeurt op basis van de nu beschikbare onderzoeksgegevens. Indien noodzakelijk wordt nader onderzoek uitgezet om de geografische spreiding van de bestaande vraag nader inzichtelijk te maken. Daarbij wordt door middel van een beleidsmatige en planologische analyse een inschatting gemaakt van de toekomstige vraag de vraag. Ook deze toekomstige vraag wordt per glascluster ingevuld.
- de vraag naar CO_2 en warmte wordt, per glascluster, in een kaartbeeld gevoegd, opdat de geografische spreiding van de vraag inzichtelijk wordt.

2c. *Kosten-batenanalyse koppelingen aanbod en vraag (periode: najaar 2013)*

Op basis van het kaartbeeld en aanhangende informatie welke met de stappen 2a en 2b is verkregen wordt een kosten-batenanalyse uitgevoerd. Het doel van deze analyse is om zo gunstig mogelijke koppelingen tussen vraag en aanbod tot stand te brengen met de beschikbare middelen. Uiteindelijk moet dit leiden tot een situatie waarbij zoveel mogelijk bedrijven binnen de Greenport Aalsmeer op een duurzame wijze over CO_2 en warmte kunnen beschikken.

Bijlagen

Bijlage 1: Energie

Belichting

Bij de geënquêteerden die opgegeven hebben te belichten is het belichtte oppervlak uitgerekend, zie hoofdstuk 4.2, en tevens is het gemiddelde aantal belichtingsuren opgegeven. Afhankelijk van de teeltsoort is een belichting niveau ingevuld in mm/m2/s, zoals in onderstaande tabel staat weergegeven.

	mm/m2/s
Rozen	180
Potplanten	100
Orchdee achtigen	110
Lelies	90
Chrysanten	110

Met behulp van deze gegevens kan een berekening worden gemaakt van het gevraagde elektrische vermogen per bedrijf en de totale elektriciteitsvraag, gebaseerd op de opgegeven gemiddelde bedrijfstijd van de belichting.

Gevraagde elektrische capaciteit: 130 MWe, gemiddeld per bedrijf: 1.865 kWe, maximum: :9.622 kWe
*Elektriciteitsgebruik totaal: 392.000MWh, gemiddeld: 5,6 * 10^6 kWh, maximum:46 * 10^6 kWh.*

Berekening totale populatie Greenport Aalsmeer.
Op basis van de resultaten van de enquête is met de factor 1,5 berekend wat de elektriciteitsvraag voor belichting is voor de gehele Greenport:
Gevraagde elektrische capaciteit: 190 MWe,
Elektriciteitsgebruik totaal: 580.000 MWh.

WKK

Uitgerekend is het gemiddelde opgestelde wkk vermogen per ha glas van de 58 bedrijven die hebben opgegeven één of meer wkk installaties te hebben.
Gemiddeld werd berekend dat 432 kW per ha wkk vermogen staat opgesteld.

Het maximum bedroeg echter 2.258 kW per ha. Het blijkt dat deze kweker samen met de buren gebruik maakt van zijn energie centrum.

Het gemiddelde opgestelde wkk vermogen (elektrisch) per ha bedraagt 432 kW.
Het totaal opgestelde wkk vermogen bedraagt 85,6 MWe. Opgemerkt moet hierbij worden dat 66% van de gevraagde elektrische capaciteit voor belichting wordt afgedekt met wkk capaciteit.

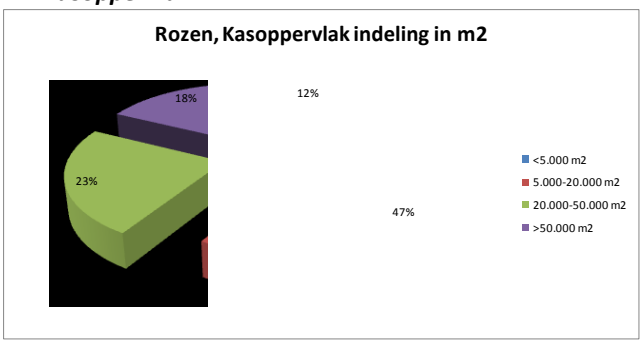
Berekening totale populatie Greenport Aalsmeer.
Op basis van de resultaten van de enquête is met de factor 1,5 berekend wat het opgestelde wkk vermogen is voor de gehele Greenport:
Het totaal opgestelde wkk vermogen in de Greenport Aalsmeer bedraagt 125 MWe.

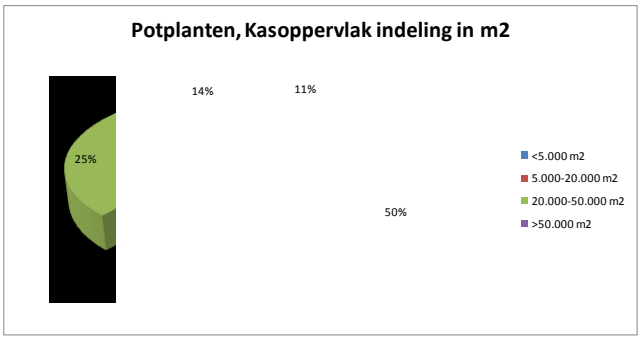
Bijlage 2: Uitsplitsing enquêteresultaten naar teelten

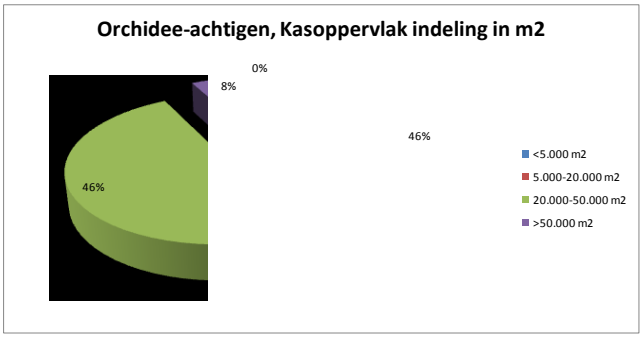
Onderstaande opsplitsing is gemaakt.

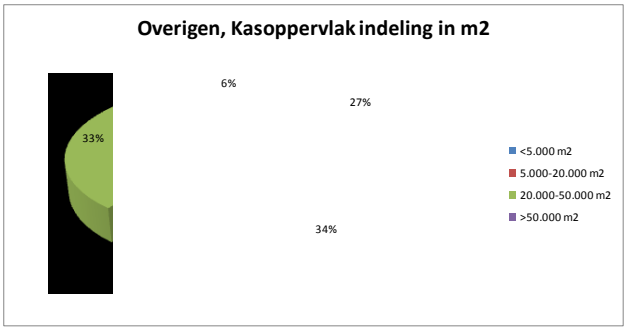
Teelt	*aantal bedrijven*
Rozen	*17*
Potplanten	*44*
Orchidee-achtigen	*13*
Overigen	*48*
Totaal	*122*

Kasoppervlak



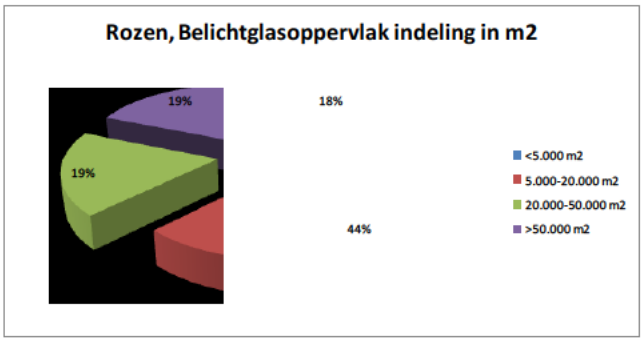


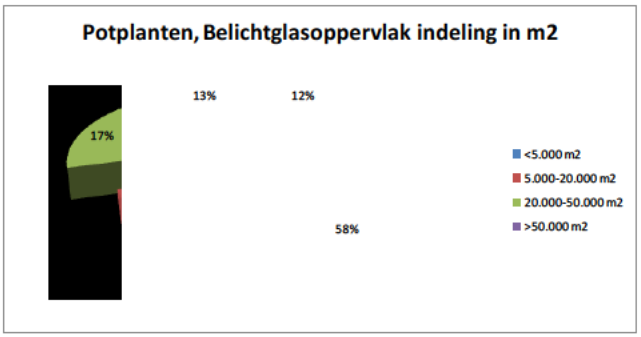


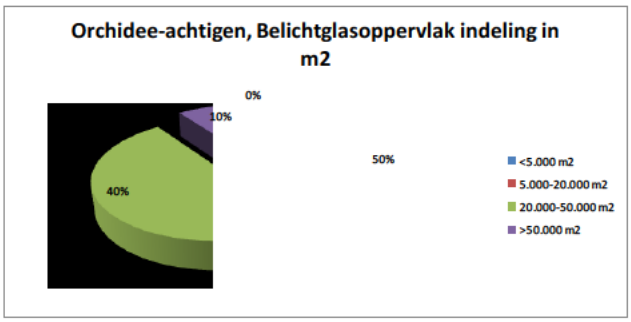


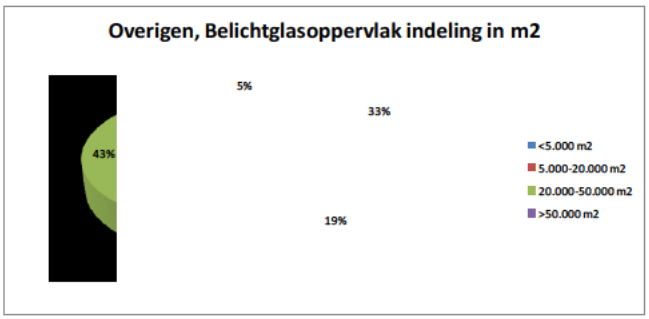
Belichtoppervlak

Teelt	*belichte bedrijven*
Rozen	*16*
Potplanten	*24*
Orchidee-achtigen	*10*
Overigen	*21*
Totaal	*71*









Energievraag belichting

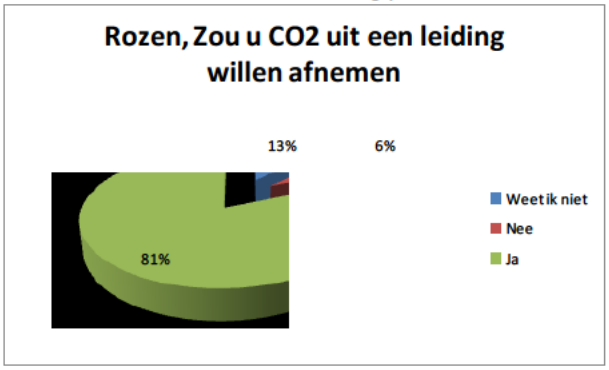
	eenheid	*Rozen*	*Potplanten*	*Orchidee*	*Overig*
Gem. elektrische capaciteit	*kW*	*3.190*	*1.320*	*1.910*	*1.420*
Max. belichting cap	*kW*	*9.620*	*4.690*	*4.680*	*5.190*
Elektriciteitsvraag	*kWh/j*	*210 * 10^6*	*70 * 10^6*	*46 * 10^6*	*67 * 10^6*
Gem. elektriciteitsvraag	*kWh/j*	*13 * 10^6*	*2,9* 10^6*	*4,6 * 10^6*	*3,3 * 10^6*
Gem. Elek. vraag per ha	*kWh/ha/j*	*4,9 * 10^6*	*1,3 * 10^6*	*1,7 * 10^6*	*1,4 * 10^6*

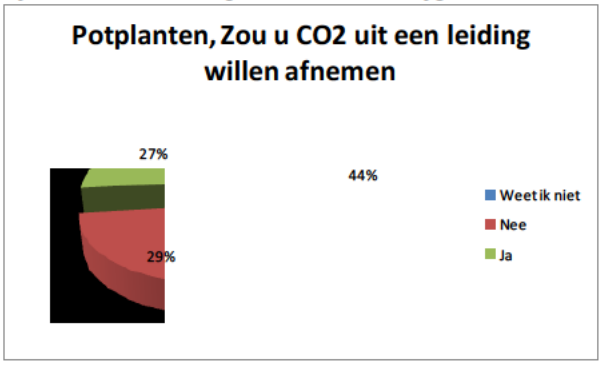
CO2 vraag

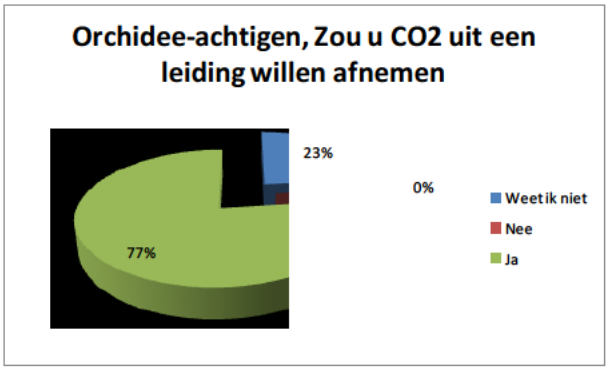
In onderstaand overzicht wordt per teelt aangegeven of op het bedrijf CO2 wordt gedoseerd.

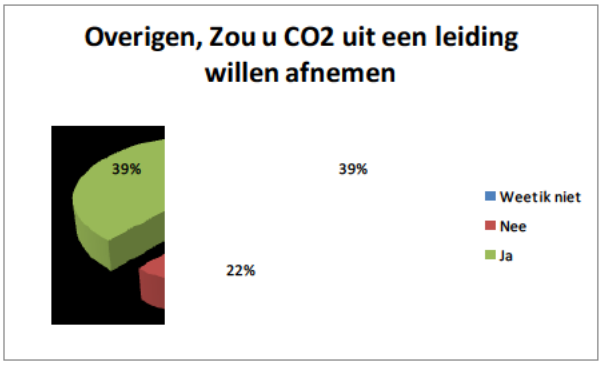
Teelt	*aantal bedrijven*	*bedrijven die CO2 doseren*	*percentage*
Rozen	*17*	*15*	*88%*
Potplanten	*44*	*20*	*45%*
Orchidee-achtigen	*13*	*11*	*85%*
Overigen	*48*	*21*	*43%*
Totaal	*122*	*67*	*55%*

Onderstaand de beantwoording per teelt van de vraag of CO2 uit een leidingnet zou worden afgenomen.







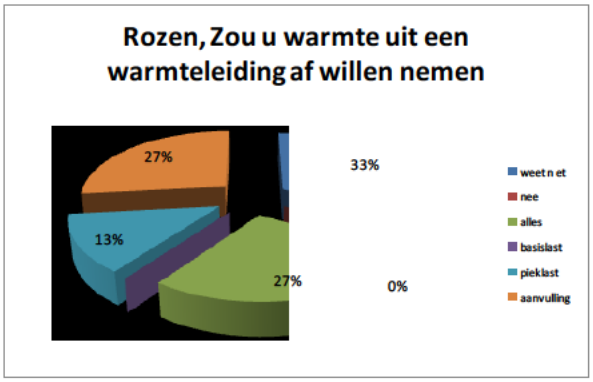


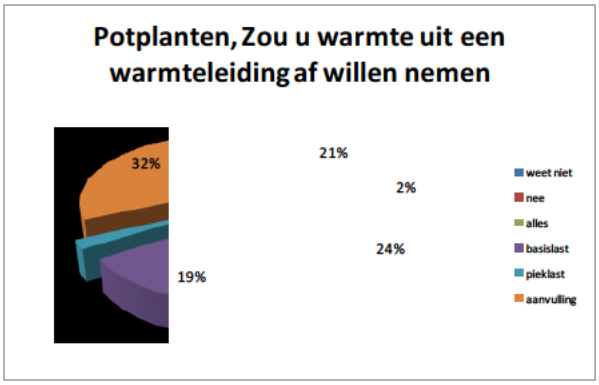
Onderstaand wordt weergegeven de berekende CO2 dosering en de mogelijke afname uit een leidingnet.

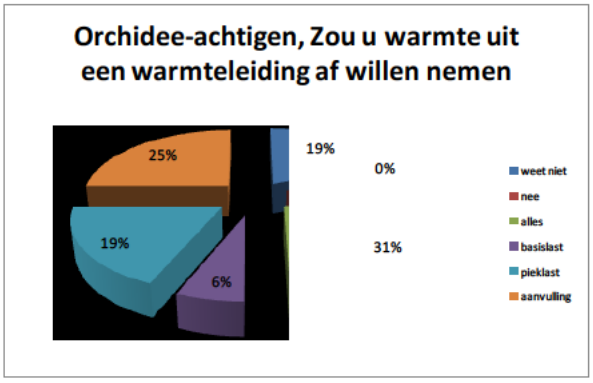
	eenheid	***Rozen***	***Potplanten***	***Orchidee***	***Overig***
CO2 capaciteit vraag	*ton/uur*	*5,1*	*4,6*	*3,9*	*7,9*
CO2 vraag	*ton/jaar*	*8.590*	*7.410*	*7.020*	*14.010*
	Berekende afname uit een CO2 netwerk				
CO2 capaciteit vraag	*ton/uur*	*5,0*	*3,5*	*3,5*	*7,1*
CO2 vraag	*ton/jaar*	*7.870*	*3.240*	*5.180*	*8.180*

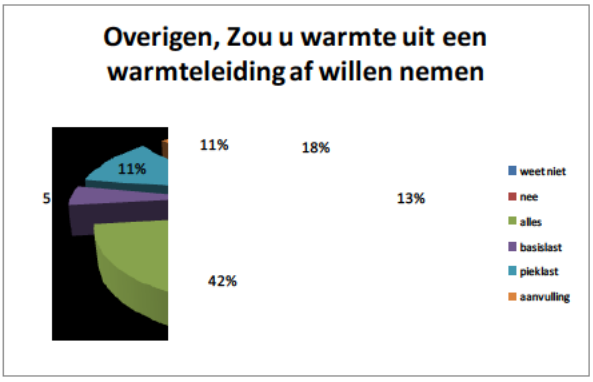
Warmte vraag

Onderstaand wordt per teelt weergegeven of men warmte uit een leidingnet wil afnemen en welk deel.







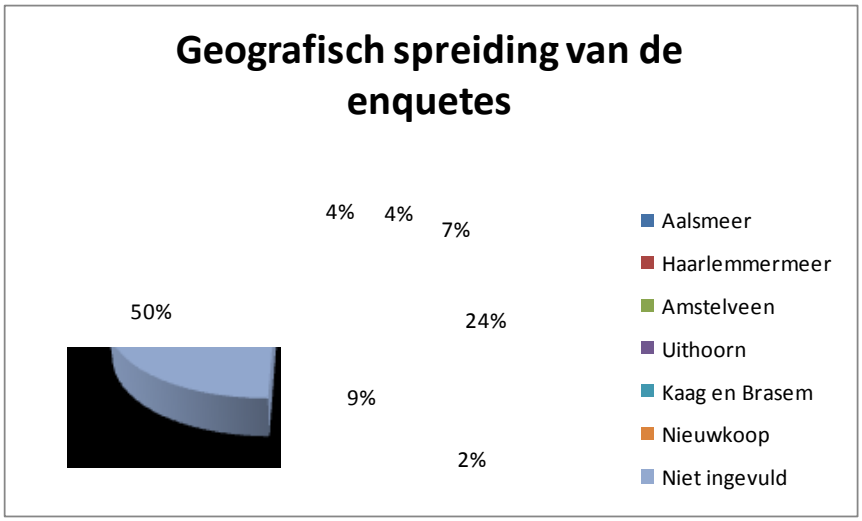


Onderstaand wordt weergegeven de warmtevraag per teelt en de hoeveelheid warmte die men uit een warmtenet zou willen afnemen.

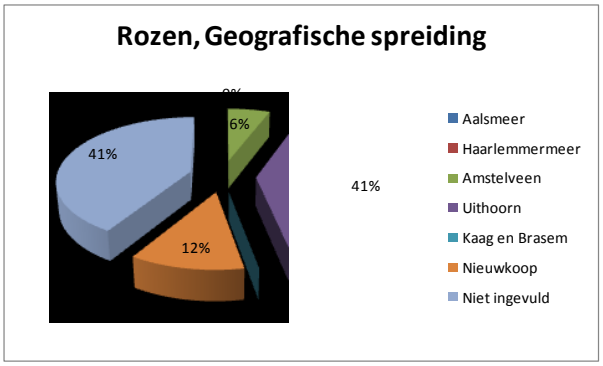
	eenheid	Rozen	Potplanten	Orchidee	Overig
Warmtevraag totaal	m^3 ae/jaar	$13,2 * 10^6$	$19,7* 10^6$	$10,9 * 10^6$	$24,3 * 10^6$
Gemiddelde warmtevraag	m^3 ae/jaar	776.000	449.000	841.000	510.000
	Berekende afname uit een warmtenetwerk				
Warmtevraag totaal	m^3 ae/jaar	$3,3 * 10^6$	$8,5* 10^6$	$5,2 * 10^6$	$13,9 * 10^6$
Gemiddelde warmtevraag	m^3 ae/jaar	253.000	203.000	572.000	387.000

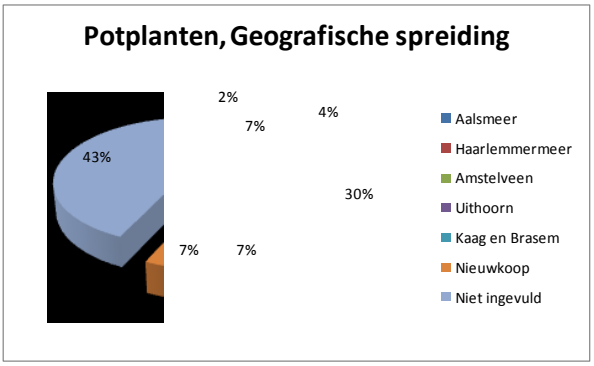
Bijlage 3: Uitsplitsing enquêteresultaten naar geografische spreiding

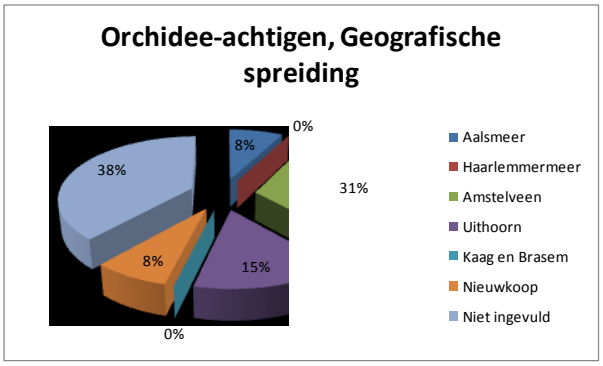
Ongeveer de helft van de geënquêteerden hebben naam en/of adres ingevuld waardoor een geografische spreiding is weer te geven van de ingevulde enquêtes.

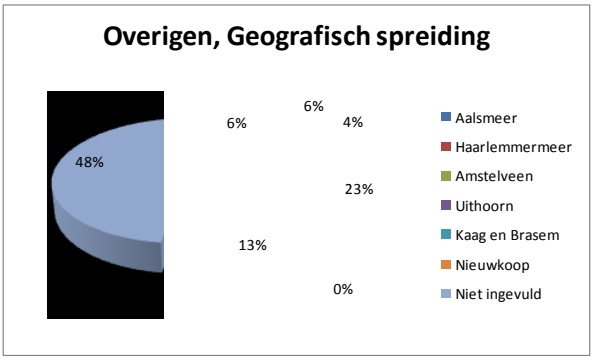


Geografische spreiding
Onderstaand wordt de geografische spreiding per teelt weergegeven.









Onderstaand wordt per gebied, voor zover is ingevuld, een aantal gegevens gepresenteerd.

	Totaal glasoppervlak in ha	Oppervlak belicht in ha	Elektriciteitsvraag belichting in kWh * 10^6	Berekende CO2 afname uit CO2 net in ton/jaar	Berekende warmte afname uit warmtenet in m3 ae
Aalsmeer	19,4	9	17	1.100	1,3
Haarlemmermeer	10,6	4	5	600	1,1
Amstelveen	33,1	23	41	4.620	4,4
Uithoorn	105,5	69	174	8.600	11,5
Kaag en Brasem	10,5	8	1	177	0,7
Nieuwkoop	32,7	16	62	5.330	5,0
Totaal	211,8	129			

CO_2 transport Noord Holland

Eindresultaten

15-01-2014

[redacted]

Conclusies

- Er zijn verschillende grote (>50 kton/jaar) CO_2 bronnen aanwezig in Noord-Holland. De uitstoot concentreert zich vooral rond IJmuiden en Amsterdam.

- De glastuinbouw is de enige sector met een voldoende grote CO_2 vraag. Er wordt daarom enkel naar de glastuinbouw gekeken als potentiele afnemer van CO_2.

- Er zijn zowel binnen het domein van Alliander als daarbuiten geen geschikte weesleidingen of bestaande leidingen geïdentificeerd die beschikbaar zijn voor CO_2-transport in Noord Holland.

Conclusies

- Op basis van de in hoofdstuk 3 in kaart gebrachte CO_2 bronnen en afnemers zijn er twee scenario's ontwikkeld. Één CO_2 transportsysteem ten zuiden van Amsterdam (Prima4A) en één ten noorden van Amsterdam (Glasdriehoek).

- Zowel de publieke opinie als de te handhaven veiligheidsafstanden kunnen een belemmering vormen voor de huidige tracé-keuze.

- In het te ontwikkelen transportsysteem zijn verschillende rollen geïdentificeerd. Alliander kan hierin de netbeheerstaak vervullen.

Conclusies

- De aansluiting van AEB aan OCAP binnen scenario 1 heeft met een commerciële CO_2 prijs van €97 per ton CO_2 nog geen gezonde business case (op basis van de maximale case).

- De koppeling van de tuindersgebieden Prima4A, Aalsmeer Oost en Aalsmeer Zuid aan OCAP binnen scenario 1 heeft met een commerciële CO_2- transportprijs €51-€85 per ton CO_2 een gezonde business (op basis van de maximale case).

- De koppeling van HVC aan de glasdriehoek (scenario 2) heeft met een commerciële CO_2 prijs van €127 per ton CO_2 geen gezonde business case (op basis van de maximale case).

Conclusies

- De CO_2 besparing door externe CO_2 levering aan kassen wordt vanuit de glastuinbouwsector beschouwd. De maximale CO_2-besparing wordt beperkt door neveneffecten zoals het extra energiegebruik voor de afvang en compressie van CO_2. Deze zijn niet gekwantificeerd.

- De directe werkgelegenheidseffecten door de ontwikkeling van een CO_2 transport netwerk zijn beperkt. De tijdelijke werkgelegenheidseffecten tijdens de realisatie zijn aanzienlijk maar de structurele werkgelegenheidseffecten voor het bedrijven van het werk zijn beperkt.

- De indirecte werkgelegenheidseffecten kunnen groot zijn door het positieve imago en vestigingsklimaat voor tuinders. Deze zijn niet gekwantificeerd.

Discussie

- Op basis van de verkoopprijsopbouw kan worden gesteld het aansluiten van Prima4A en Greenport Aalsmeer op de OCAP-leiding kan leiden tot een gezonde business case. Een voorwaarde hiervoor is wel dat er voldoende CO_2 beschikbaar is voor OCAP voor de levering aan deze tuindersgebieden. Om dit gehele gebied te voorzien is er een CO_2 bron benodigd.

- Bij de ontwikkeling van het leidingnet is het aan te bevelen uit te gaan van de maximale transportbehoefte. Dit om de maximale groei in CO_2 vraag te kunnen voorzien. De mogelijkheden voor het uitbreiden van de transportcapaciteit van het leidingnet na realisatie zijn beperkt.

Discussie

- Om tot een gedetailleerde begroting en business case te komen zullen de kosten en baten in de tijd uitgezet moeten worden. Zeker gezien de tuindersgebieden nog niet volledig ontwikkeld zijn en de bestaande tuinders nog eigen CO_2 productie hebben zal de CO_2 vraag in de opstartfase laag zijn. De kostprijs per ton CO_2 zal daarmee in de opstartfase van het project hoger zijn.

- Om een goed beeld te krijgen van de waarde van CO_2 levering voor tuinders zal de warmte- en elektriciteitsbehoefte en -levering meegenomen moeten worden in de ontwikkeling van het CO_2 transportsysteem.

Discussie

- De transportkosten in scenario 2 (HVC – Glasdriehoek) zijn hoog vanwege de grote tracélengte van 47 km. De sector geeft aan op zoek te zijn naar bedrijven die vanwege hun proces CO_2 produceren die zich in de tuinbouwgebieden willen vestigen. Op deze manier kunnen de transportkosten vermeden worden. Zeker wanneer ook de warmte en elektriciteitsproductie afgestemd kunnen worden met de tuinders kan dit voor alle partijen synergievoordelen hebben.
-
- De dimensionering van het CO_2 transportsysteem is nu gebaseerd op de piek vraag in de zomer. Aangezien de vraag gedurende de dag-nacht varieert en ook een sterke seizoen variatie heeft kan het systeem mogelijk nog geoptimaliseerd worden door toepassing van aanvullende buffering in het net.

Discussie

- Er is in scenario 1 en 2 uitgegaan van CO_2 levering vanuit afvalverbrandingscentrales HVC en AEB. Mogelijk is het economisch interessant om CO_2 te betrekken vanuit Tata steel te IJmuiden. Dit vanwege de samenstelling en beschikbare volumes CO_2 waardoor andere afvangtechnieken toegepast kunnen worden.

- Gedurende de uitvoering van dit onderzoek is gebleken dat er veel informatie beschikbaar is over CO_2 besparing en levering aan kassen. Niet alle informatie is beschikbaar gekomen. Het is daarom wenselijk om bij aanvang van een eventueel vervolgproject een goede literatuurstudie te doen naar de beschikbare informatie.

Aanbeveling

- Het is aan te bevelen de initiatiefase in te gaan voor CO_2 levering aan de gebieden Prima4A, Aalsmeer Oost en Aalsmeer Zuid door aansluiting op OCAP. Deze fase moet in elk geval het volgende omvatten:
  - Literatuurstudie naar de beschikbare studies en informatie
  - Een consortium inclusief taken en rollenverdeling voor de ontwikkeling van dit CO_2 transportsysteem
  - het betrekken van de lokale overheden en belanghebbenden in de planvorming
  - Een gedetailleerd leiding- en systeemontwerp incl. distributienet rekening houdend met de benodigde veiligheidsafstanden
  - Een begroting op basis van aanbiedingen voor de realisatie van het leidingsysteem
  - Een kosten-baten planning
  - Een business case op basis van de kosten-baten planning
  - Een overzicht van de benodigde vergunningen en procedures incl. geschatte doorlooptijden
  - Een go/nogo besluit voor realisatie de realisatiefase

Aanbeveling

- Het is aan te bevelen om in samenspraak met de sector naar mogelijkheden te zoeken voor CO_2 levering in de Glasdriehoek. Hierin dient onder andere gekenden te worden naar:
  - mogelijkheden om CO_2 producerende bedrijven zich in de tuindersgebieden te laten vestigen
  - de mogelijkheden en waarde van gecombineerde alternatieve CO_2, warmte en elektriciteitsproductie en levering

Aanbeveling

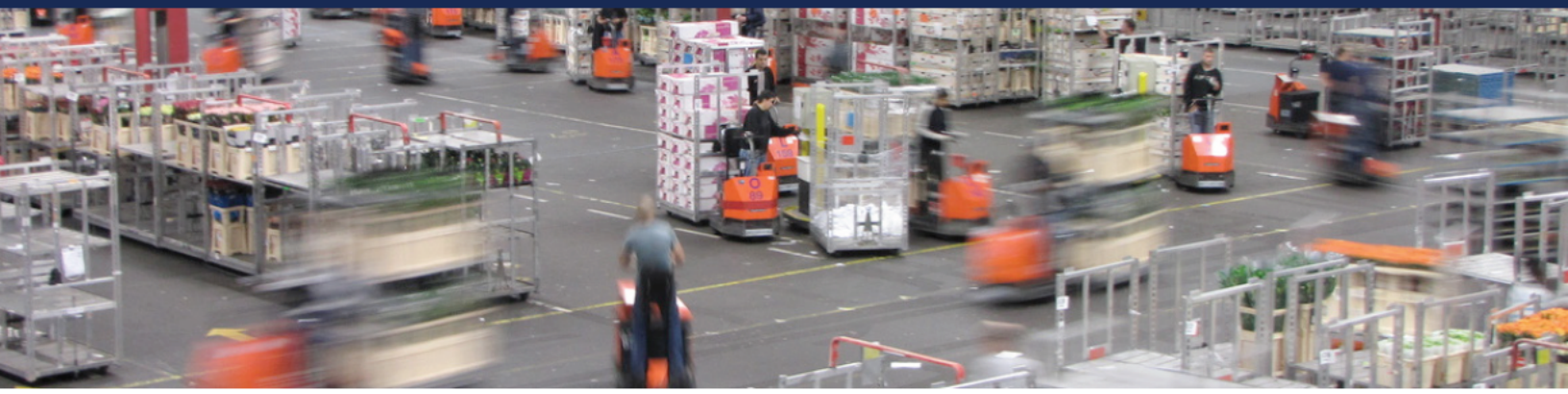
- Het is aan te bevelen onderzoek te doen naar de mogelijkheden van goedkopere CO_2 –afvang en levering vanuit IJmuiden. Hierin dient onder ander gekeken te worden naar
  - de geplande aansluiting van het bestaande OCAP netwerk op de Cheveron-leiding
  - de extra CO_2 behoefte van OCAP voor levering aan bestaande en nieuwe klanten

☺ [redacted]

✉ [redacted]@alliander.com

☎ [redacted]

Global Sustainability Solutions Services



Resource Optimization in Greenport Aalsmeer

A comprehensive report prepared for:

GREENPORT Aalsmeer

December 2014

Prepared in partnership with

[redacted]

ASU Walton Sustainability Solutions Initiatives

ARIZONA STATE UNIVERSITY

sustainabilitysolutions.asu.edu

Acknowledgements

This report was prepared by:

[redacted], Program Manager, Global Sustainability Solutions Services, Arizona State University

[redacted], PhD student, Arizona State University

[redacted], Master of Sustainability Student, Arizona State University

[redacted], Practice Lead, Global Sustainability Solutions Services, Arizona State University

Additionally, the authors wish to thank those listed below for their invaluable support and input for this project.

[redacted], municipality of Haarlemmermeer

[redacted], Schiphol Group

[redacted], SADC

[redacted], Stallingsbedrijf Glastruinbouw Nederland (SGN)

[redacted], Grontmij

[redacted], Naktuinbouw

[redacted], Province of North-Holland

[redacted], Meermaker / Tegenstroom

[redacted], municipality of Uithoorn

[redacted], Flora Holland

[redacted], Agrimaco

[redacted], Jamuflor

[redacted], de Zonnebloem / LTO noord

[redacted], municipality of Amstelveen/Aalsmeer

[redacted], Greenport Aalsmeer

Table of Contents

Executive Summary 8
1. Introduction and Background 10
1.1. Greenport Aalsmeer 10
1.2. Problem Statement 11
1.3. Scope of Work 13
1.4. Organization of Report 14
2. System Assessment 15
2.1. Stakeholders 15
2.2. Future Scenarios 16
2.3. Methodology 19
3. Resource Demands 21
3.1. Natural Gas 21
3.2. Electricity 23
3.3. Combined Heat and Power 24
3.4. Energy Costs 27
3.5. Carbon Dioxide 27
3.6. Water 29
3.7. Nutrient Discharge 30
4. Resource Optimization 33
4.1. Future Greenhouse Area Planning 33
4.2. Amsterdam District Heating Network 34
4.3. Geothermal Energy 37
4.4. Carbon Pipeline 39
4.5. Water 40
4.6. Nutrients 41
4.7. Decentralized Options 43
4.7.1. Fresnel Lenses 43
4.7.2. Decentralized Bio-fermentation Plant 44
4.7.3. Heat Exchange with Aquifers 45

4.7.4. Collective Solar PV cells 47
4.7.5. Wind Energy 48
4.7.6. Algae Production for Purification 49
4.7.7. Direct Current 50
5. Conclusion and Recommendations 51
5.1. Conclusions 51
5.1.1. Connection to Amsterdam District Heating Network 51
5.1.2. Connection to Future Data Park in Haarlemmermeer 51
5.1.3. OCAP Pipeline 52
5.1.4. Geothermal Energy 52
5.1.5. Decentralized Sustainability Options 52
5.1.6. Water 52
5.1.7. Nutrients 53
5.2. Recommendations 54
5.3. Next Steps for the Sustainability Manager (Duurzaamheidsmakelaar) 55
6. Appendix 58
6.1. Stakeholders Interviewed 58
6.2. Wide Format Maps 59
6.3. Presentation 73

List of Tables

Table 1: 2012 Carbon Dioxide Emissions from On-Site Natural Gas Combustion 22

Table 2: Greenhouse Gas Emissions Electricity Consumption 24

Table 3: Energy and Emissions Breakdown between Electricity and Natural Gas 26

Table 4: The Carbon Intensity of the Greenhouse Clusters and the Number of Greenhouses with CHP Generators 26

Table 5: The Costs of Electricity and Natural Gas for each Cluster 27

Table 6: Net Carbon Emissions from the Clusters 29

Table 7: Annual Nutrient Discharge by Flower Type 32

Table 8: Projected Greenhouse Space (as predicted by Project Team “Space”) 34

Table 9: Fraction of Total Energy Demand that could be offset by Geothermal Energy 39

Table 10: Potential Market Value from Recovering P (based on the Market Price of DAP) 42

Table 11: Potential Market Value from Recovering P (based on the Market Price of TSP) 42

Table 12: Potential Market Value from Recovering N (based on the Market Price of Urea) 43

Table 13: Summary of Options for each Greenport Aalsmeer Cluster 53

List of Figures

Figure 1: The Seven Municipalities of Greenport Aalsmeer 10

Figure 2: Worldwide Dutch Flower Imports in 2013 11

Figure 3: Worldwide Dutch Flower Exports in 2013 12

Figure 4: Current Trading Situation (left) and Possible Future Trading (right) 12

Figure 5: Simplified Resource Flow Scheme 14

Figure 6: Possible Future Scenarios: Holograph Flowers (left), 3D Printer Flowers (middle) and Peer-to-peer Delivery of Flowers (right) 16

Figure 7: Greenhouse Statistics from the Netherlands Central Institute of Statistics..... 18

Figure 8: The 12 Greenhouse Clusters and their Commodity Production..... 20

Figure 9: Natural Gas Consumption Intensity by Cluster (inset graph shows Total Annual Natural Gas Consumption)..... 22

Figure 10: Electricity Consumption per square meter (inset graph shows Total Annual Electricity Consumption)..... 23

Figure 11: Distribution of Energy Sources at each Cluster 25

Figure 12: Carbon Dioxide Consumption per square meter (inset graph shows Total Annual Carbon Dioxide Consumption) 28

Figure 13: Water Consumption across the Clusters..... 30

Figure 14: Nitrogen Discharge from Clusters 31

Figure 15: Phosphorus Discharge from Clusters 31

Figure 16: Proximity of the Clusters to Southern District of the Amsterdam District Heating Network (dashed lines are potential extensions) 35

Figure 17: Potential Extended Heat Networks to the Clusters 36

Figure 18: Technical Geothermal Potential of the Study Area as calculated by TNO.... 38

Figure 19: Distances of Clusters from the OCAP Pipeline 40

Figure 20: Fresnel Lenses..... 44

Figure 21: Decentralized Bio-fermentation Plant..... 45

Figure 22: Heat Exchange with Aquifers 46

Figure 23: Surplus Energy of a Closed Greenhouse System..... 47
Figure 24: Algae Production..... 49

Executive Summary

Greenport Aalsmeer, one of six Greenports in the Netherlands, is home to the world's largest flower auction, FloraHolland, and employs over 50,000 people to work at cultivation companies, the auction, trade businesses, exporters, horticultural suppliers and flower and plant breeders.

With worldwide digitization of horticulture markets, the traditional horticulture supply chain is evolving to circumvent the intermediate physical auction house. To retain its position in the market, horticulture growers in Greenport Aalsmeer recognize the need to become competitive, and predominantly consider sustainability as a cost-reduction endeavour focusing on energy.

The goal of this project is to inventory, document and visually present resource consumption within Greenport Aalsmeer's growers (organized into 12 clusters). Additionally, Fonz Dekkers and the Arizona State University (ASU) team took this information to make recommendations for opportunities to optimize resource and energy use, improve the competitiveness of Greenport Aalsmeer, and enhance the overall sustainability of Greenport Aalsmeer.

The most promising resource optimization solutions are summarized in the table below. Green marks are the most viable and feasible options for each of the clusters. Yellow marks indicate additional options that can be complementary to, or substitutions for, the most feasible option.

Summary of Options for each Greenport Aalsmeer Cluster

Cluster	Amsterdam Heat Net	Data Park	OCAP Pipeline	Geothermal Energy	Decentralized Options
Aalsmeer	🟢			🟡	🟡
Kudelstaart	🟢		🟡		🟡
Amstelveen	🟢			🟡	🟡
De Kwakel	🟢		🟡		🟡
Nieuwe Wetering			🟢	🟢	🟡
Woubrugge					🟡
Roelofarendsveen			🟢	🟢	🟡
Woerdense Verlaat					
Ter Aar					🟢
Nieuwveen	🟢		🟡		🟡
Rijsenhout		🟢	🟢	🟡	🟡
De Ronde Venen				🟡	🟡

Without specific energy costs for growers, using average electricity and natural gas pricing, the entire Greenport Aalsmeer organization of growers may be able to reduce their energy costs by a potential maximum of €68 million annually. This is purely an estimate based on assumptions of recurring costs, with no estimation for capital costs.

Greenport Aalsmeer needs to seek ways to distinguish themselves from other growers in the market in order to maintain and grow market share, by implementing some of these recommendations:

1. ***Strengthen the stakeholder network to successfully implement sustainable opportunities.***
2. ***Become the knowledge and innovation platform for horticulture.***
3. ***Broaden the use of sustainability assessment to optimize commodity priorities.***
4. ***Create a sustainability opportunity prioritization decision-support tool.***

1. Introduction and Background

1.1. Greenport Aalsmeer

Greenport Aalsmeer is one of six Greenports in the Netherlands. It is the world's largest trade and knowledge center for floriculture, with the flower auction FloraHolland in Aalsmeer at its core. Within the Greenport, 50,000 people work at cultivation companies, the auction, trade businesses, exporters, horticultural suppliers and flower and plant breeders. These businesses are responsible for an annual turnover of €3 billion. The agriculture sector contributes 10% of the Dutch economy and 8% of the total employment rate.

Greenport Aalsmeer organization involves collaboration among two provinces, 7 municipalities, 6 branch organizations, a financial institution and a research institute. Key stakeholders are the co-operative auctioning organization, FloraHolland, the Amsterdam Chamber of Commerce, LTO Noord Glaskracht (Dutch agriculture and horticulture advocacy organization), Naktuinbouw (Dutch General Inspection Service for horticulture), VGB (trade association), Blooming Breeders Foundation, Wellant College, Rabobank Regio Schiphol, and the municipalities of Aalsmeer, Amstelveen, Haarlemmermeer, Uithoorn, Kaag en Braassem, Nieuwkoop and the Province of North Holland (see figure 1).

Figure 1: The Seven Municipalities of Greenport Aalsmeer

Greenport Aalsmeer has a facilitating, stimulating and unifying role among its members in implementing knowledge, innovation, space, accessibility, sustainability, labour market, education, positioning and image. The sustainability goals are related to reduction of carbon emissions (by 50%), reduction of energy usage (30%), the usage of renewable energy (30%) and the reuse of waste streams (75%) by 2025. From an economic perspective, the main focus is the reduction of fossil fuel consumption and operating costs of the various businesses.

1.2. Problem Statement

The Netherlands is the World's largest and most famous producer and worldwide distributor of horticulture. In 2013, the auction FloraHolland had relations with over 6,800 flower suppliers, of which 9% were internationally based, and had a turnover of €4.35 billion. However, the horticultural world is becoming increasingly international, relying on virtual connections through information and communications technologies and complex logistics. Of the €4.35 billion turnover, nearly 18% came from imported flowers from both EU and international countries. During that same year, the value of Dutch flower exports were €5.27 billion.

Figure 2 shows the global nature of flower production (as imports to the Netherlands); and Figure 3 shows the international flower marketplace (as exports from the Netherlands).

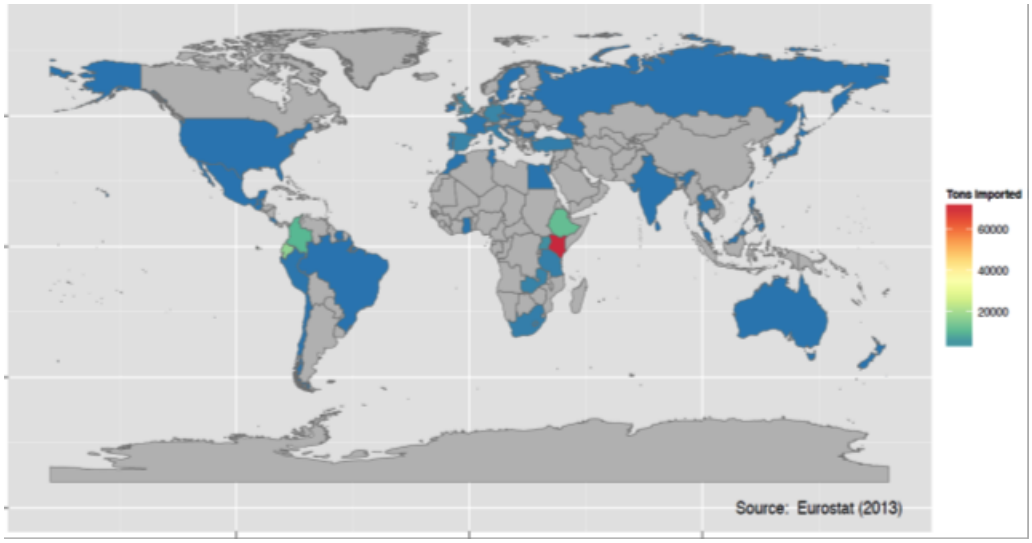


Figure 2: Worldwide Dutch Flower Imports in 2013

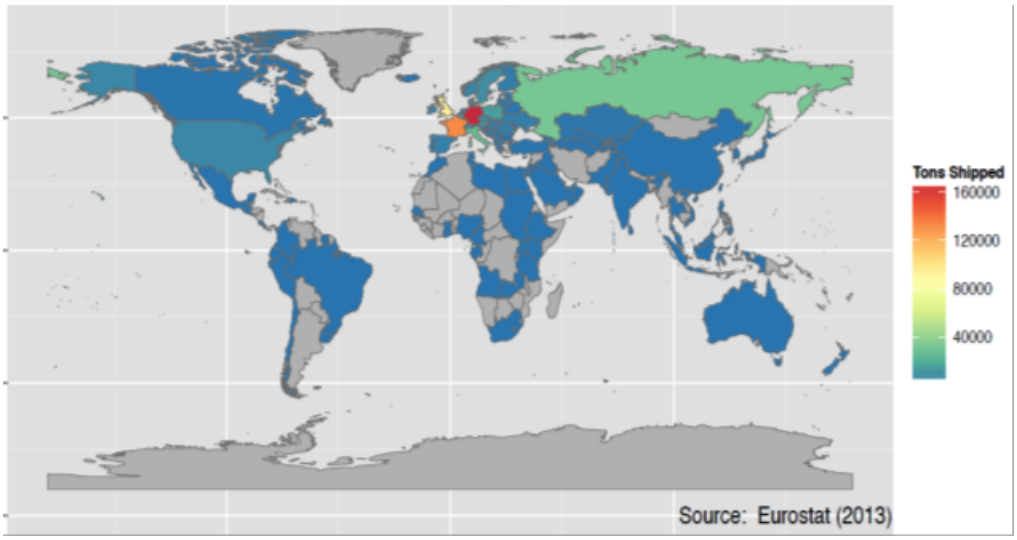


Figure 3: Worldwide Dutch Flower Exports in 2013

The costs of horticulture are based roughly on the costs for production (from seed to flower), transport to the auction, the auction itself, export to destination and the distribution to customers. The growers of flowers within Greenport Aalsmeer have a unique position with their proximity to the auction FloraHolland, so that they can compete on price by saving on the initial transportation costs. However, more and more e-commerce is occurring. The competitive landscape in the floriculture industry is shifting away from the Greenport as stakeholders migrate to utilizing the internet to grow their business. Thus, the challenge for the future of Greenport Aalsmeer is to understand how to maintain its market position as the world and the transportation system are changing through the integration of web-based tools.

In Figure 4, this problem statement is visualised.

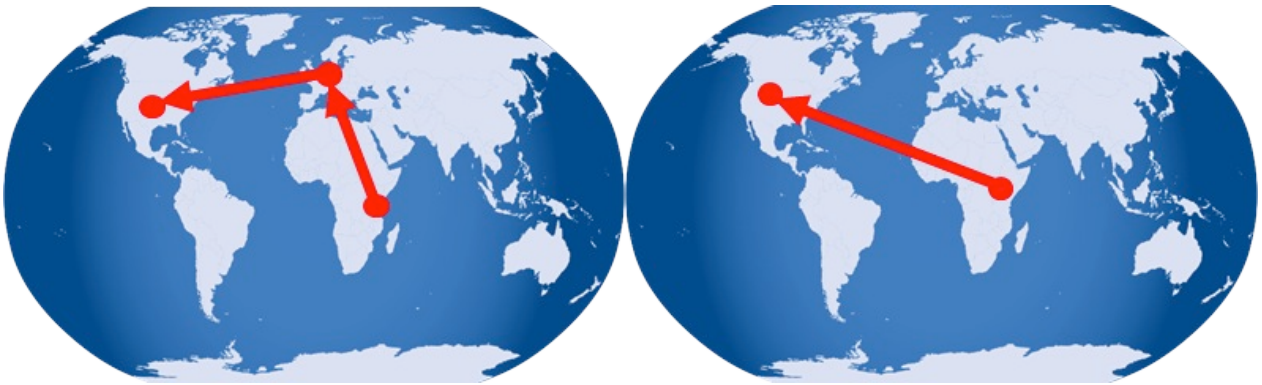


Figure 4: Current Trading Situation (left) and Possible Future Trading (right)

For the Greenport to remain competitive, many projects have been initiated to be either competitive on price (reduce operating costs) or quality (knowledge development). In the Netherlands, energy prices, land prices and labour prices are high compared to competing countries. Additionally, while greenhouses are used in Greenport Aalsmeer to maintain year-round production and efficiency, competing countries such as Costa Rica or Kenya can grow flowers in open fields, which is cheaper.

Sustainability and innovation are therefore crucial for the future of Greenport Aalsmeer, not only from a resource efficiency standpoint, but also for the image of the floriculture sector. Greenport Aalsmeer emits more than one million metric tonnes of CO_2e per year, as much as the whole municipality of Haarlemmermeer (including Schiphol Airport) or 200,000 households. If Greenport Aalsmeer would generate all its energy via solar panels in Holland, it would need 27,180,000 square meters (approximately 10 square miles) of land to place them. The impact of making the Greenport's energy demand decline therefore has a tremendous effect on sustainability in the region.[1]

1.3. Scope of Work

Arizona State University (ASU), through its Walton Sustainability Solutions Initiatives (WSSI), together with the local firm Fonz Dekkers have quantified resource consumption through a mapping exercise, identified opportunities for resource flow optimization within Greenport Aalsmeer and then identified the opportunities for improvement. The project actively engaged the partners and stakeholders within the area via interviews, data collection and analysis activities.

The current resource flows are visualized in Figure 5. Usually there is a combined heat and power plant (CHP) active to transform natural gas to electricity, CO_2 and heat, all three needed for greenhouses to operate. The surplus of electricity is sold to the electricity grid. Although a CHP has high system efficiency, the burning of natural gas is not sustainable. Furthermore, the energy costs are about 30% of the annual operating costs for Dutch horticulture and unsecure, given the fluctuating price of natural gas. Moreover, the payback price of electricity in the grid is getting lower, further decreasing the cost efficiency of the CHP.

The main focus of this report is to show how the resource use of the greenhouses in Greenport Aalsmeer can be optimized without the use of CHP.

While research and projects have been initiated or completed by the Greenport in the recent years, an overall integrated strategy has yet to be developed. This research is a

---

[1] Eindrapport inventarisatie CO_2 en warmte
[2] Kengetallen 2013, FloraHolland

comprehensive analysis of resource use, which leads to identifying improvement opportunities.

This report can be used as an initiating document for a sustainability program manager at Greenport Aalsmeer. This program manager can use the data, analysis and recommendations of this report to work together with the sector and the stakeholders on implementing the sustainable measures.

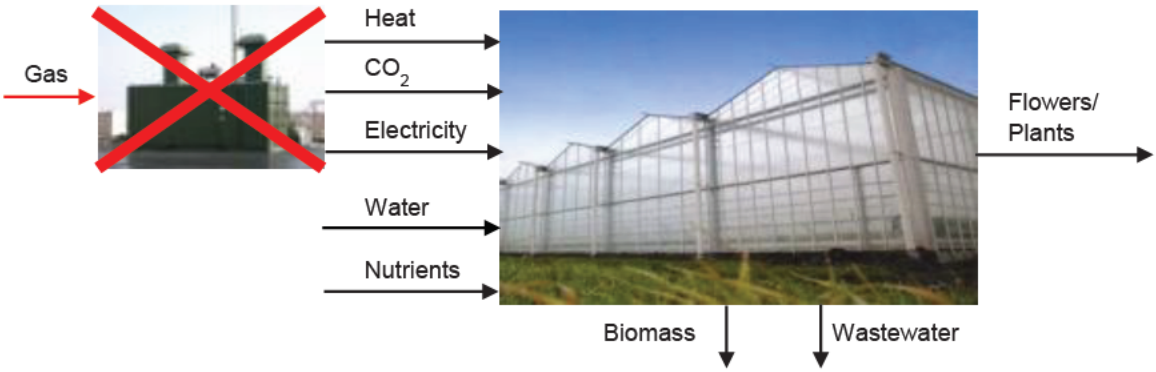


Figure 5: Simplified Resource Flow Scheme

1.4. Organization of Report

Chapter 2 will be the fundamental background of the report, the system assessment boundary, addressing the stakeholders involved, the future scenarios, and the optimization methodology. Chapter 3 will show the current resource usage and density for the greenhouse sectors in Greenport Aalsmeer. This information will be used for the optimization opportunities, presented in Chapter 4. Chapter 5 is all about the strategy for implementation, the stakeholders and next steps.

2. System Assessment

2.1. Stakeholders

Greenport Aalsmeer is a collaboration between two provinces, 7 municipalities, 6 branch organizations, a financial institution and a research institute. Key stakeholders are the co-operative auctioneering organization, FloraHolland, the Amsterdam Chamber of Commerce, LTO Noord Glaskracht (Dutch agriculture and horticulture advocacy organization), Naktuinbouw (Dutch General Inspection Service for horticulture), VGB (trade association), Blooming Breeders Foundation, Wellant College, Rabobank Regio Schiphol, and the municipalities of Aalsmeer, Amstelveen, Haarlemmermeer, Uithoorn, Kaag en Braassem, Nieuwkoop and the Province of North Holland.

One of the major stakeholders is the auction FloraHolland, an international co-operative organization comprised of growers, promotes their horticultural products. FloraHolland is positioned to have a profound impact on how flowers are grown, shipped and sold around the world. Sustainability is a key aspect to the long-term viability of the Dutch floriculture sector, given the international nature of flower production and marketing and its reliance on available natural resources, energy and labour.

FloraHolland is a co-operative sales organization of flowers, expanding a strong international trading platform with market places and sales support services.

For this project, 20 interviews were conducted with members of Greenport Aalsmeer, experts and other stakeholders of the Greenport (full list of interviewees is included in Appendix 6.1). Significant results from these stakeholder interviews are:

- **Sustainability = Energy**
  All stakeholders independently perceive sustainability as a huge opportunity for the sector to either lower costs of operations, boost the image of the sector and/or attract new businesses to the region. Interestingly, the majority of the stakeholders refer to “energy” instead of sustainability at large. Water and nutrient flows do not seem to be a problem for the sector.
- **Pragmatism and Realism**
  The past few years, sustainability has been on the agenda of the Greenport Aalsmeer, which has resulted in multiple projects, sessions, workshops and reports. There is enough information already available but, according to the stakeholders, no considerable action has been taken. Questions that did arise during the stakeholder interviews were: Who will invest? What are the risks? What is in it for me? Although there is little need for more technical information, there is a need for a pragmatic and realistic plan, including financial analyses.

Strategic investments and the risk assessments need to be prioritized and led. This report summarizes all existing data and provides a realistic framework.

- **Community Building**
  It is perceived that growers need to see each other more often to share best practises and built communities. When they convene, they usually wish to see other greenhouses, share ideas and cooperate. Some see politicians and branch organisations as decision makers who are too far away from practise and make decisions based on numbers and reports without being aware of greenhouse processes. It is furthermore expected that growers and companies who are in times of wealth should be the first to invest, rather than the growers who are struggling.

2.2. Future Scenarios

Before analysing the potentials for energy optimization, it is needed to analyse the future of the horticulture sector in the Aalsmeer region. What will the flower demand be in 2040? Will there still be a need for horticulture in the Netherlands in the future? With technologies as 3D printing and holograph pictures, why would anyone bother to have a real flower? A quick scan of the future scenarios suggests either long-term investments or quick wins in sustainability.

Figure 6: Possible Future Scenarios: Holograph Flowers (left), 3D Printer Flowers (middle) and Peer-to-peer Delivery of Flowers (right)

From stakeholder interviews it can be concluded that the demand for flowers will remain strong in the future and will not be replaced by artificial copies because of the:

- Intrinsic value of a living, natural object,
- Aesthetic and scent value, and
- Perceived enhancement of productivity and health

Despite this broad conclusion, the question is what are the trends and developments in the Netherlands? Figure 7 shows graphical representations of data from the Central

Institute of Statistics in the Netherlands (CBS) shows graphs of the number of horticulture companies and surface area of greenhouses in the seven municipalities in Greenport Aalsmeer. Although the information on the CBS database is usually outdated, the numbers show interesting trends:

- The greenhouse surface area decreases 3.6% per year on average
- Each year since 2000 on average 33 companies (7.2%) left the sector, which means that the surface area per company increases 3% due to mergers or take-overs
- In most areas (especially Aalsmeer, Amstelveen, Uithoorn and de Ronde Venen) there is a shift from flower production towards fruits and vegetables and tree nurseries.

If the trends continue, there will only be 37% of the greenhouses left in Greenport Aalsmeer area in 2040, which will then be run by a handful of large companies.

The same downfall can be seen in the annual statistics of the auction FloraHolland: Flower transactions (43,542 per day in Aalsmeer) are stable but the number of flowers sold in FloraHolland has been 6.5% lower in 2013 than in 2012. The profit of FloraHolland Aalsmeer has also declined by 4%[2].

[2] Kengetallen 2013, FloraHolland

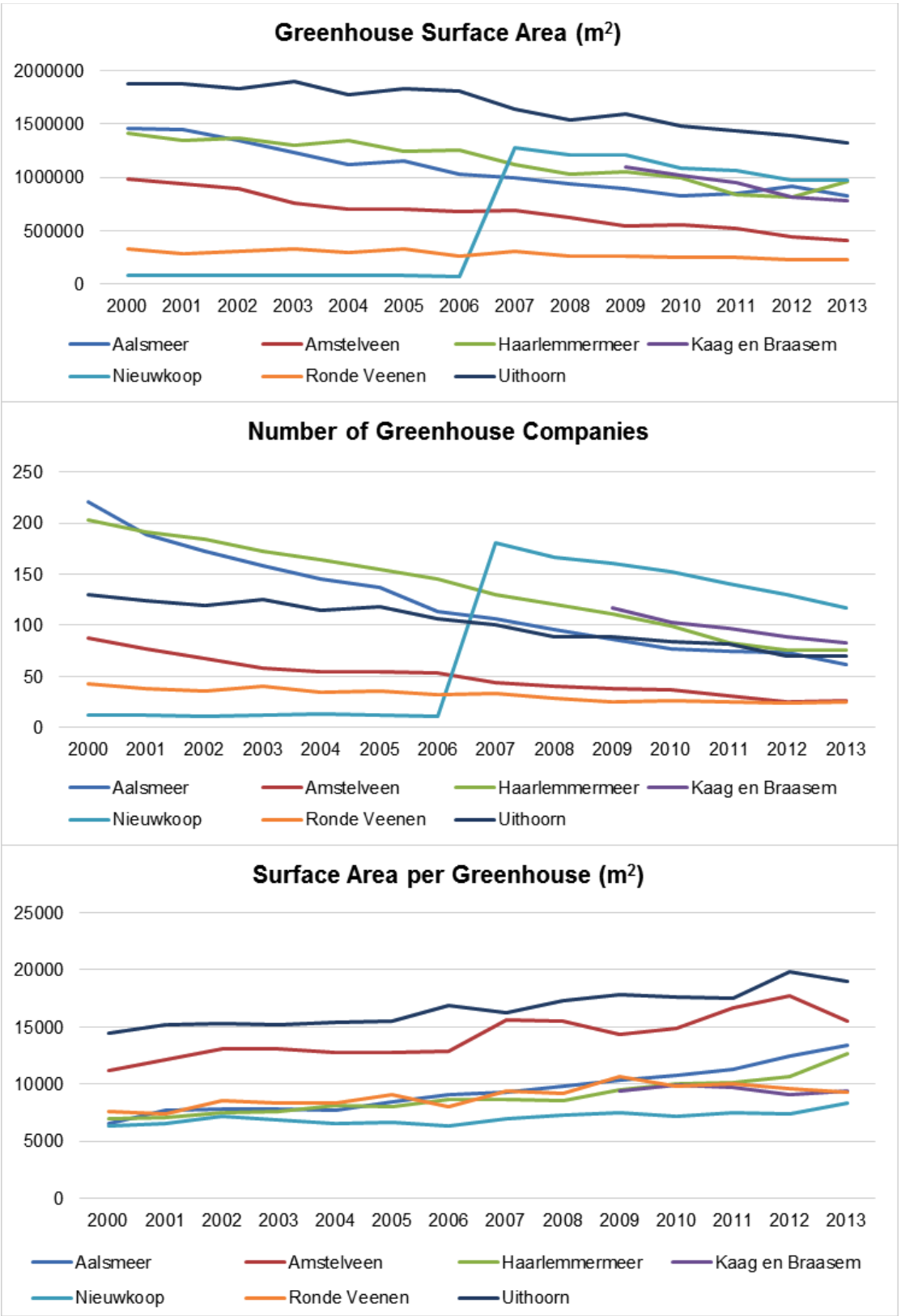


Figure 7: Greenhouse Statistics from the Netherlands Central Institute of Statistics

In conclusion, the floriculture sector in the Greenport Aalsmeer region is under pressure. Although the demand for flowers will remain, competition with growers in other countries is growing. The FloraHolland organization will still be a market leader in trading flowers, but might not be able to physically stay in Aalsmeer in the future. As can be seen in the problem statement in Chapter 1, the main reasons are e-commerce, high energy demands and costs (driven by the Dutch climate) and high labour costs.

Most stakeholder interviewees responded to this notion with the suggestion that the Greenport Aalsmeer region should focus on high quality niche markets and branding, such as how “Gouda Cheese” or “Champagne” have become branded for high quality. Ultimately, customers around the world would start asking for flowers from Greenport Aalsmeer.

From the information above, it can be concluded that the flower industry in Holland can be stabilized in the future. However, with the strong competition of other areas such as Airport A7 in North Holland, Greenport Aalsmeer needs to claim or reclaim its position in the market. Sustainability could be the key to this success. When branded correctly, the world will ask for flowers originated from Greenport Aalsmeer because they are produced responsibly and with high quality.

2.3. Methodology

The resource optimization maps are based upon the annual usage and density of 12 floriculture clusters surrounding Greenport Aalsmeer. The clusters are based upon the structural visions of the various municipalities and the provinces as well as the geographical location. Figure 8 below shows the clusters with the various commodities that are grown within each cluster. As shown by Figure 8, the 12 greenhouse clusters in Greenport Aalsmeer produce a wide variety of floricultural and agricultural products—from tulips to fruits and vegetables as well as temperate and tropical flowers. The wide variety of commodities produced by the greenhouse clusters requires sustainability solutions to be flexible and recognize the wide variety of growing conditions within each greenhouse cluster.

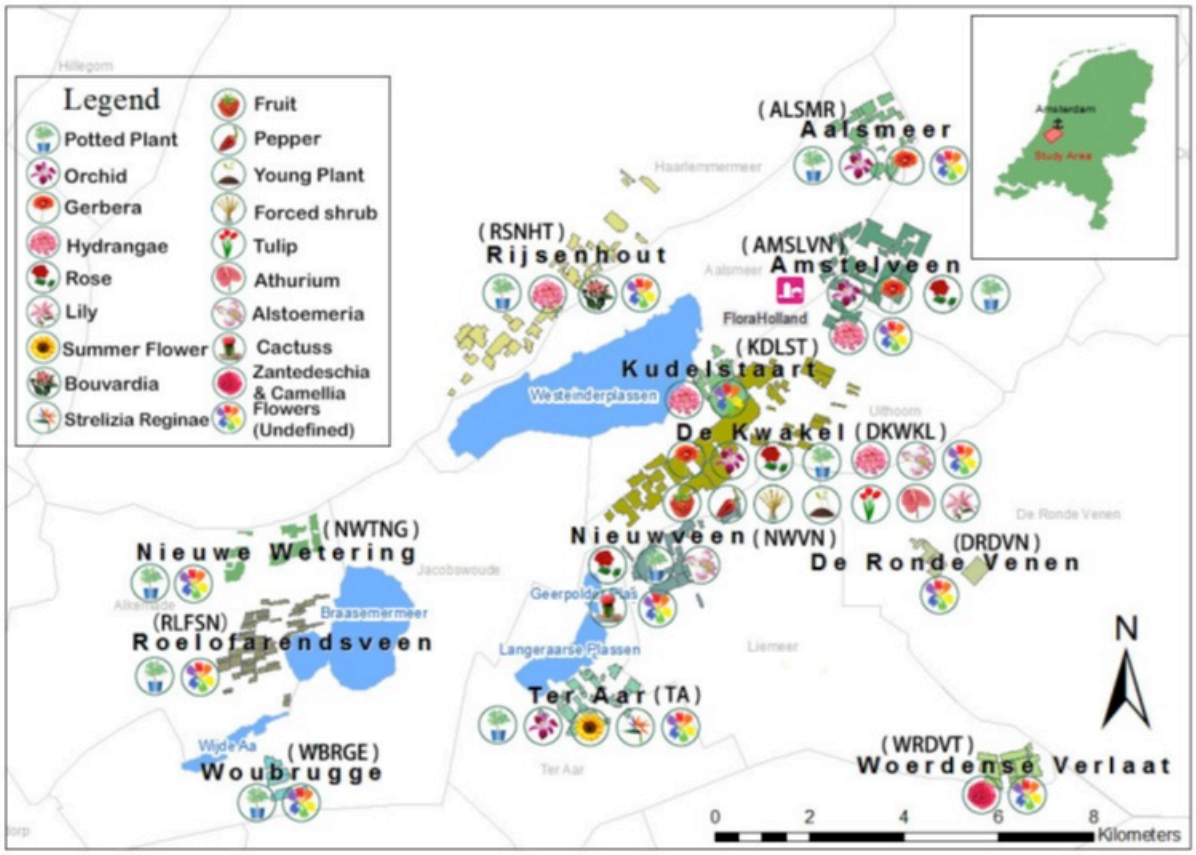


Figure 8: The 12 Greenhouse Clusters and their Commodity Production

3. Resource Demands

The maps contained in Chapter 3 show the current configuration of the 12 greenhouse clusters in the Greenport Aalsmeer floriculture system and their resource consumption. Inputs to the floriculture system include both required technical nutrients such as energy, in the form of natural gas and electricity, and plant nutrients such as carbon dioxide (CO_2), water, and fertilizers, mainly phosphorus (P) and nitrogen (N). Due to the small geographic footprint of the 12 greenhouse clusters, the transportation network is essential for getting flowers to the FloraHolland auction floors. The subsections of Chapter 3 are structured to show the current configuration with respect to resources consumed by the 12 greenhouse clusters—natural gas, electricity, CHP, energy costs, carbon dioxide, and water—and the nutrient discharges—nitrogen and phosphorus—from the greenhouses.

3.1. Natural Gas

Natural gas consumption varies widely across the greenhouse clusters, as shown in Figure 9, which also compares natural gas intensity of clusters. The De Kwakel greenhouses are the largest consumers of natural gas in the region, consuming 30,059,516 m^3 of natural gas in 2012, while the De Ronde Venen, Woerdense Verlaat, Woubrugge, and Kudelstaart greenhouses consumed around 10-times less natural gas during the same year. However, the intensity of natural gas consumption shows a different picture; the type and variety of plants grown by greenhouse clusters influence the per square meter consumption of natural gas. For example, clusters that grew a larger number of flower varietals and tropical (orchids, anthuriums, zantedeschias, and streltzia reginae) and desert plants (cactuses) had higher natural gas consumption intensities.

Natural gas combustion on-site is a major greenhouse-level contributor to global climate change. Since many of the commodities grown in Greenport Aalsmeer greenhouses are best suited for warmer temperatures, heating greenhouses in the winter creates a large demand for natural gas. The latest greenhouse gas (GHG) emissions inventory for the Netherlands reports the current CO_2 emissions factor for Dutch natural gas wells is 56.5 tonnes CO_2 per MJ of energy.[3] Results are broken down by greenhouse cluster in Table 1.

---

[3] P.W.H.G. Coenen, C.W.M. van der Maas, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets,K. Baas, A.C.W.M. van den Berghe, J.D. te Biesebeek, M.M. Nijkamp, E.P. van Huis, G. Geilenkirchen, C.W. Versluijs, R. te Molder, R. Dröge, J.A. Montfoort, C.J. Peek, J. Vonk. Greenhouse Gas Emissions in The Netherlands 1990-2012. National Inventory Report 2014. RIVM Report 680355016/2014.

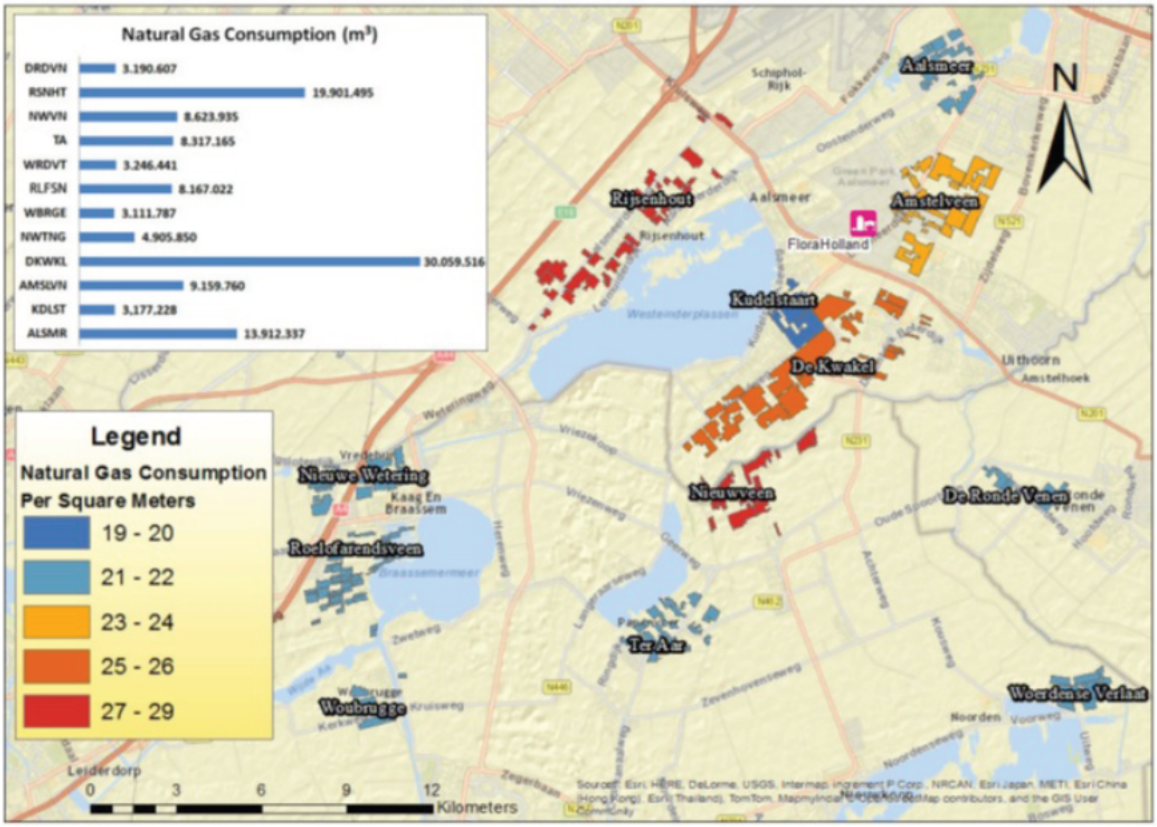


Figure 9: Natural Gas Consumption Intensity by Cluster (inset graph shows Total Annual Natural Gas Consumption)

Table 1: 2012 Carbon Dioxide Emissions from On-Site Natural Gas Combustion

Cluster	Natural Gas Consumption (m^3)	CO_2 Emissions (tonnes)
De Ronde Venen	3,910,607	8,424
Rijsenhout	19,901,495	42,873
Nieuwveen	8,623,935	18,578
Ter Aar	8,317,165	17,917
Woerdense Verlaat	3,246,441	6,994
Roelofarendsveen	8,167,022	17,594
Woubrugge	311,187	670
Nieuwe Wetering	4,905,850	10,568
De Kwakel	30,059,516	64,755
Amstelveen	9,159,760	19,732
Kudelstaart	3,177,228	6,845
Aalsmeer	13,912,337	29,971
TOTAL	***113,692,543***	***244,921***

3.2. Electricity

Consumption of electricity (Figure 10) across the clusters is dominated by the De Kwakel greenhouses. Electricity consumption in the cluster is twice as high (218,381,669 kWh) as the second biggest consumer of electricity, the Rijsenhout greenhouses (118,910,036 kWh). Similar to natural gas consumption, the De Ronde Venen, Woerdense Verlaat, Woubrugge, Kudelstaart greenhouses consumed the least amount of electricity. However, on a per square meter basis, 10 of the 12 greenhouse clusters consumed greater than 105 kWh per m^2 despite the large variation in overall consumption. The Kudelstaart and Woubrugge greenhouse clusters both consumed less than 105 kWh per m^2.

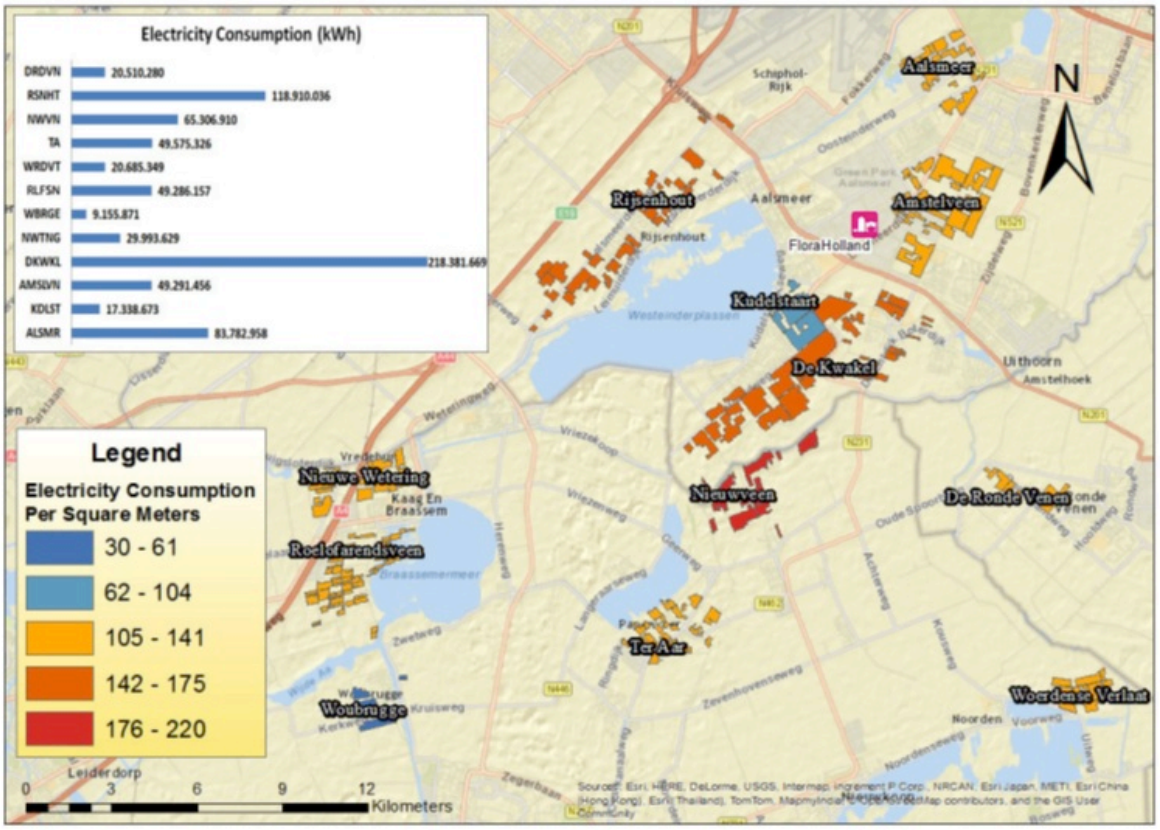


Figure 10: Electricity Consumption per square meter (inset graph shows Total Annual Electricity Consumption)

The Covenant of Mayors has calculated an emissions factor for electricity in its EU-wide Sustainable Energy Action Plan, which takes into account country-wide electricity production, exports, imports and green electricity credits. The calculated CO_2 emissions

factor for electricity in the Netherlands is 0.435 tonnes CO_2 per MWh.[4] Using that emissions factor, the CO_2 emissions for the greenhouse clusters was 318,515 tonnes CO_2. Table 2 shows the results of this analysis by greenhouse cluster. A sustainable configuration of electricity consumption may include switching to alternative forms of electricity or generating electricity on-site with combined heat and power units that run on natural gas.

Table 2: Greenhouse Gas Emissions Electricity Consumption

Cluster	***Electricity Consumption (MWh)***	***CO_2 Emissions (tonnes)***
De Ronde Venen	20,510	8,922
Rijsenhout	118,910	51,726
Nieuwveen	65,307	28,409
Ter Aar	49,575	21,565
Woerdense Verlaat	20,685	8,998
Roelofarendsveen	49,286	21,439
Woubrugge	9,156	3,983
Nieuwe Wetering	29,994	13,047
De Kwakel	218,382	94,996
Amstelveen	49,291	21,442
Kudelstaart	17,339	7,542
Aalsmeer	83,783	36,446
TOTAL	***732,218***	***318,515***

3.3. Combined Heat and Power

The power used by greenhouses originates from one of two sources: the electricity grid or on-site generation from CHP generators. Figure 11 shows the distribution of power sources at each cluster. Greenhouse clusters with a higher fraction of energy coming from natural gas are more reliant on supplies of natural gas. Greenhouse clusters with a higher fraction of energy coming from electricity have a slightly more diversified energy portfolio; however, natural gas is the dominant energy source at each greenhouse cluster. Woubrugge is the most reliant (more than 75%) on natural gas. Nieuwveen and De Kwakel are least reliant on natural gas—less than 60% of the energy at these clusters is natural gas.

[4] Covenant of Mayors. Technical Annex of the SEAP Template Instructions Document: The Emissions Factors. URL: http://www.eumayors.eu/IMG/pdf/technical_annex_en.pdf.

Energy type influences the GHG emissions attributed to each greenhouse cluster. Table 3 shows the breakdown of energy sources for each cluster between electricity and natural gas, and the breakdown of energy-related GHG emissions for each cluster. Even though the majority of the greenhouse clusters utilize natural gas as their predominant energy source, the majority of energy-related GHG emissions result from electricity consumption. Therefore, greenhouse clusters that utilize more natural gas on-site as a heat source and for use in a CHP generator tend to have lower per area carbon footprint intensities. In total, 25 of the 81 greenhouse parcels studied had no electricity consumption, indicating that these greenhouses were powered entirely by CHP. However, the presence of CHP generators in a greenhouse cluster has no relation to greenhouse cluster carbon intensity (Table 4).

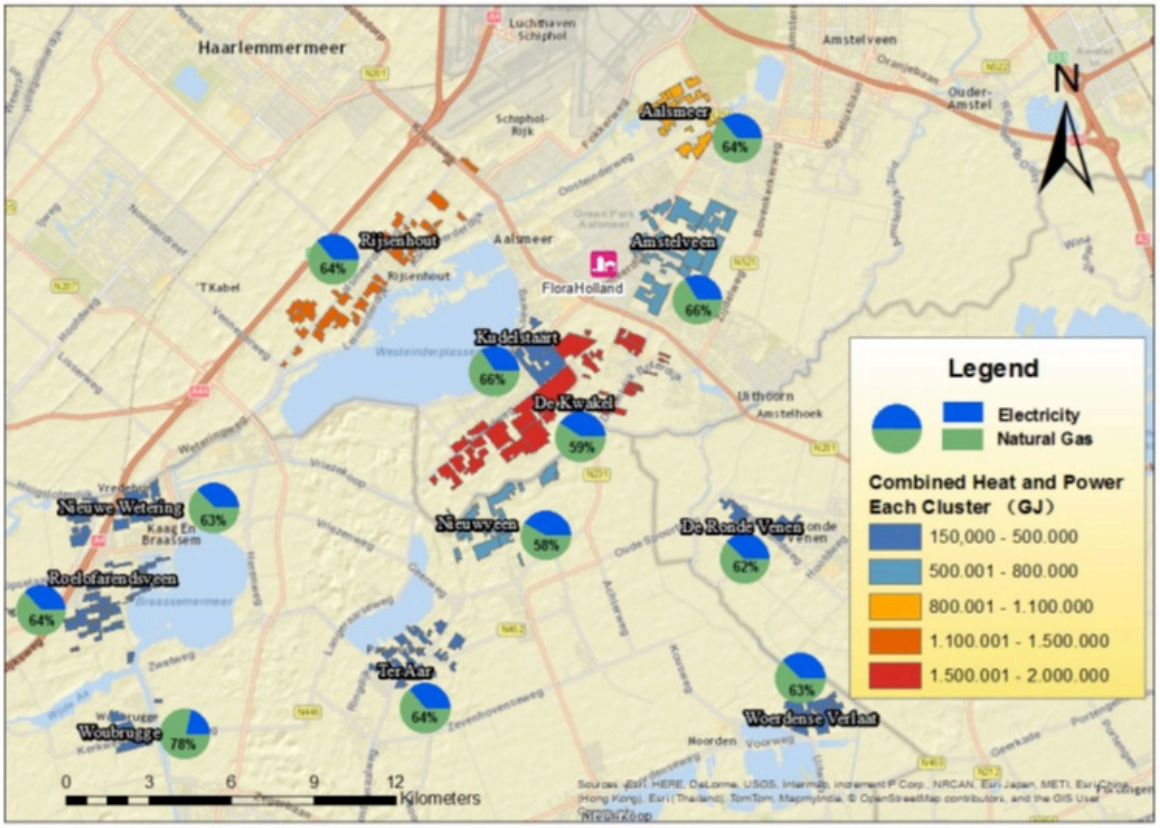


Figure 11: Distribution of Energy Sources at each Cluster

Table 3: Energy and Emissions Breakdown between Electricity and Natural Gas

Cluster	Energy From Electricity	Energy From Natural Gas	CO_2 Emissions From Electricity	CO_2 Emissions From Natural Gas	Tonnes CO_2 per m^2
De Ronde Venen	32%	68%	51%	49%	0.12
Rijsenhout	35%	65%	55%	45%	0.10
Nieuwveen	41%	59%	60%	40%	0.16
Ter Aar	35%	65%	55%	45%	0.10
Woerdense Verlaat	36%	64%	56%	44%	0.11
Roelofarendsveen	35%	65%	55%	45%	0.10
Woubrugge	73%	27%	86%	14%	0.03
Nieuwe Wetering	35%	65%	55%	45%	0.11
De Kwakel	40%	60%	59%	41%	0.13
Amstelveen	33%	67%	52%	48%	0.11
Kudelstaart	33%	67%	52%	48%	0.09
Aalsmeer	35%	65%	55%	45%	0.11

Table 4: The Carbon Intensity of the Greenhouse Clusters and the Number of Greenhouses with CHP Generators

Cluster	CO_2 tonnes per m^2	Greenhouses with CHP Generator
De Ronde Venen	0.12	0
Rijsenhout	0.10	4
Nieuwveen	0.16	2
Ter Aar	0.10	2
Woerdense Verlaat	0.11	1
Roelofarendsveen	0.10	1
Woubrugge	0.03	0
Nieuwe Wetering	0.11	1
De Kwakel	0.13	10
Amstelveen	0.11	1
Kudelstaart	0.09	1
Aalsmeer	0.11	1

3.4. Energy Costs

From the total electricity and gas usage of the greenhouse clusters, Table 5 shows the total energy costs for the growers.

Table 5: The Costs of Electricity and Natural Gas for each Cluster

Cluster	Electricity costs/year	Natural gas costs/year	Total energy costs/year
De Ronde Venen	€ 1,743,350	€ 1,994,410	€ 3,737,760
Rijsenhout	€ 10,107,350	€ 10,149,762	€ 20,257,112
Nieuwveen	€ 5,551,095	€ 4,398,207	€ 9,949,302
Ter Aar	€ 4,213,875	€ 4,241,754	€ 8,455,629
Woerdense Verlaat	€ 1,758,225	€ 1,655,685	€ 3,413,910
Roelofarendsveen	€ 4,189,310	€ 4,165,181	€ 8,354,491
Woubrugge	€ 778,260	€ 158,705	€ 936,965
Nieuwe Wetering	€ 2,549,490	€ 2,501,984	€ 5,051,474
De Kwakel	€ 18,562,470	€ 15,330,353	€ 33,892,823
Amstelveen	€ 4,189,735	€ 4,671,478	€ 8,861,213
Kudelstaart	€ 1,473,815	€ 1,620,386	€ 3,094,201
Aalsmeer	€ 7,121,555	€ 7,095,292	€ 14,216,847
TOTAL	**€ 62,238,530**	**€ 57,983,197**	**€ 120,221,727**

The costs for energy are based on the assumption that average electricity costs 8.5 eurocents per kWh and natural gas is 16 euro per GJ (both excluding BTW, and including energy taxes) based on data from CBS. The actual price varies between growers due to type of contract, tiered pricing, total demand and energy supplier.

The Table shows that the flower growers in Greenport Aalsmeer collectively spend more than 120 million euro per year on energy. These numbers could alternatively guide quick scans on the financial feasibility of renewable energy options.

3.5. Carbon Dioxide

Carbon dioxide is necessary for photosynthesis in plants. Consumption in the greenhouse clusters studied follows similar consumption patterns as natural gas and electricity. As shown in Figure 12, the larger greenhouse clusters tend to have higher overall consumption of carbon dioxide—De Kwakel consumes the largest volume of carbon dioxide on a yearly basis, followed by Rijsenhout. However, despite the wide ranging annual consumption, carbon dioxide intensity (per square meter) each of the greenhouse clusters is fairly narrow, between 0.98 and 1.28 metric tonnes of carbon

dioxide per square meter per year. The Rijsenhout cluster has the highest per square meter carbon dioxide consumption and is the only cluster to have carbon dioxide consumption intensity greater than 1 metric ton per square meter. The majority of the greenhouse clusters have carbon dioxide consumption intensities between 0.99 and 1.00 metric tonnes carbon dioxide per square meter. At 0.98 metric tonnes of carbon dioxide consumed per square meter, the Kudelstaart greenhouse cluster has the lowest carbon dioxide consumption intensity.

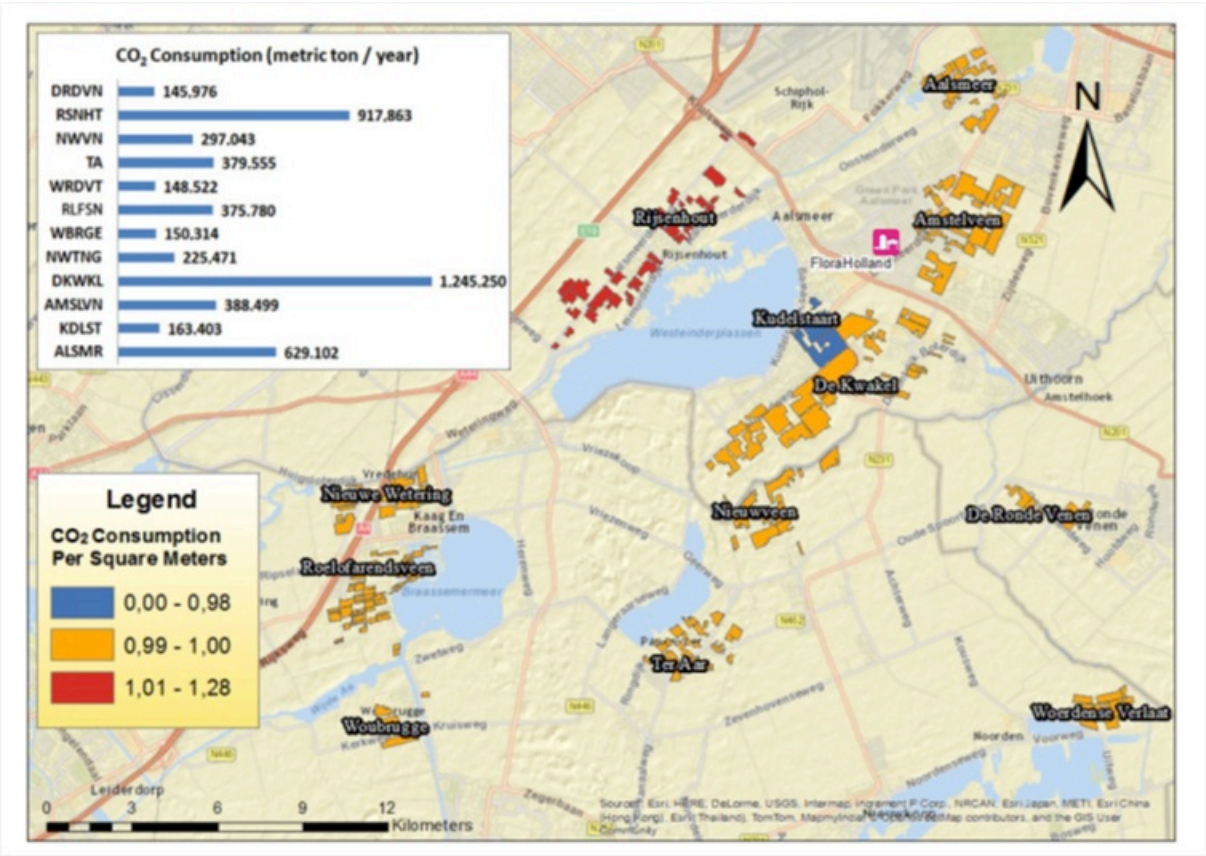


Figure 12: Carbon Dioxide Consumption per square meter (inset graph shows Total Annual Carbon Dioxide Consumption)

GHG emissions from electricity consumption and on-site natural gas combustion only show part of the greenhouse carbon dioxide balance. Greenhouses are both sources and sinks of greenhouse gases. Table 6 shows the cluster level GHG footprint with respect to electricity consumption, on-site natural gas combustion, and carbon dioxide consumption from the Organic Carbon Dioxide for Assimilation of Plants (OCAP) pipeline.

Table 6: Net Carbon Emissions from the Clusters

Cluster	CO_2 Emissions – Electricity and Natural Gas (tonnes)	CO_2 Consumption- (tonnes)	Net CO_2 Emissions (tonnes)
De Ronde Venen	17,346	145,976	(128,630)
Rijsenhout	94,598	917,863	(823,265)
Nieuwveen	46,987	297,043	(250,056)
Ter Aar	39,482	379,555	(340,073)
Woerdense Verlaat	15,992	148,522	(132,530)
Roelofarendsveen	39,033	375,780	(336,747)
Woubrugge	4,653	150,314	(145,661)
Nieuwe Wetering	23,616	225,471	(201,855)
De Kwakel	159,751	1,245,250	(1,085,499)
Amstelveen	41,174	388,499	(347.325)
Kudelstaart	14,387	163,403	(149,016)
Aalsmeer	66,416	629,102	(562,686)
TOTAL	***563,436***	***5,066,778***	***(4,503,342)***

3.6. Water

Water consumption per square meter is identical across the greenhouse clusters—0.35 m^3 water consumption per m^2. Water consumption at the cluster level becomes a function of its size; larger clusters consume more water than small clusters. Currently, captured rainwater provides sufficient water resources for the greenhouse clusters.

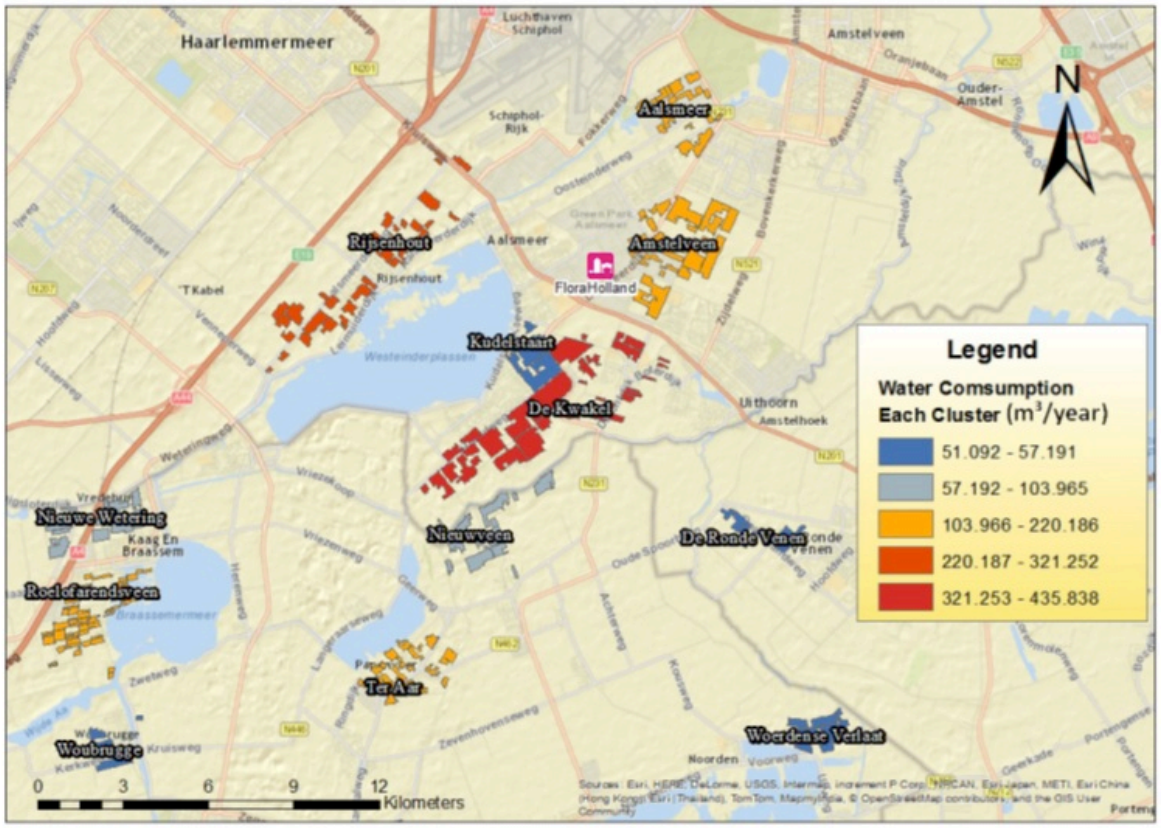


Figure 13: Water Consumption across the Clusters

3.7. Nutrient Discharge

The major nutrient discharges result from the application of nitrogen and phosphorus fertilizers. The maps below show total nitrogen and phosphorus for the study year. Data was only known about the nutrient content of effluent discharges. The effluent discharges represent potential recoverable nutrients that could be reused in greenhouse processes after treatment.

At the greenhouse cluster level, nutrient discharges are a function of the type of plant grown in the cluster. Plant-level nutrient discharges are shown in Figures 13 (for nitrogen discharge) and 14 (for phosphorus discharge) and Table 7.

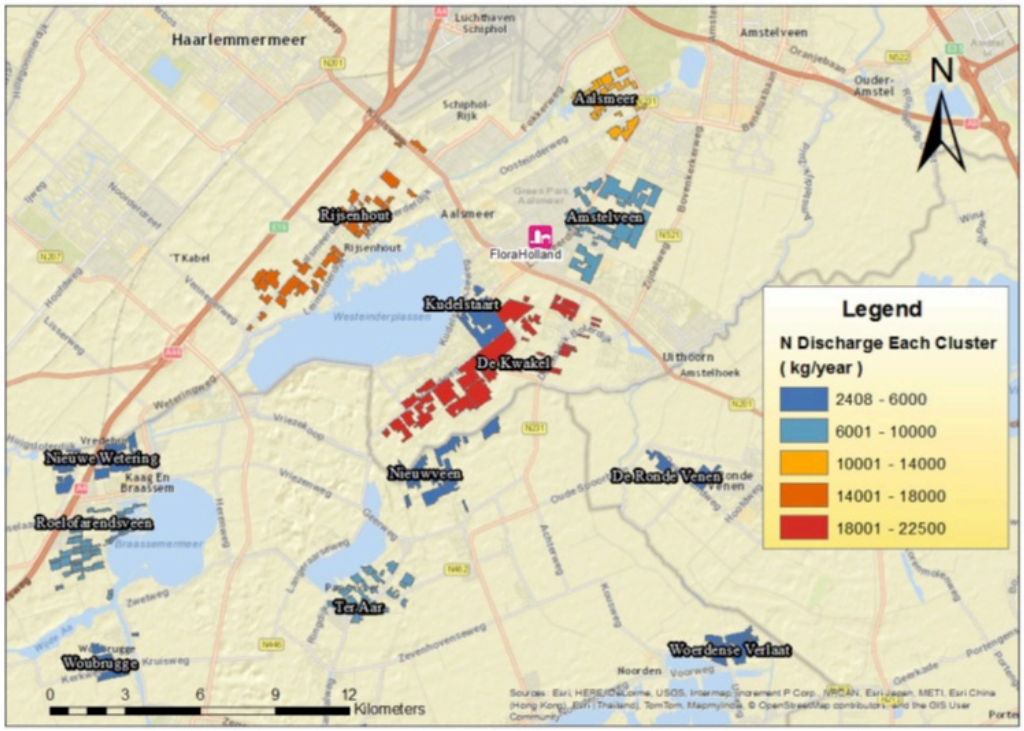


Figure 14: Nitrogen Discharge from Clusters

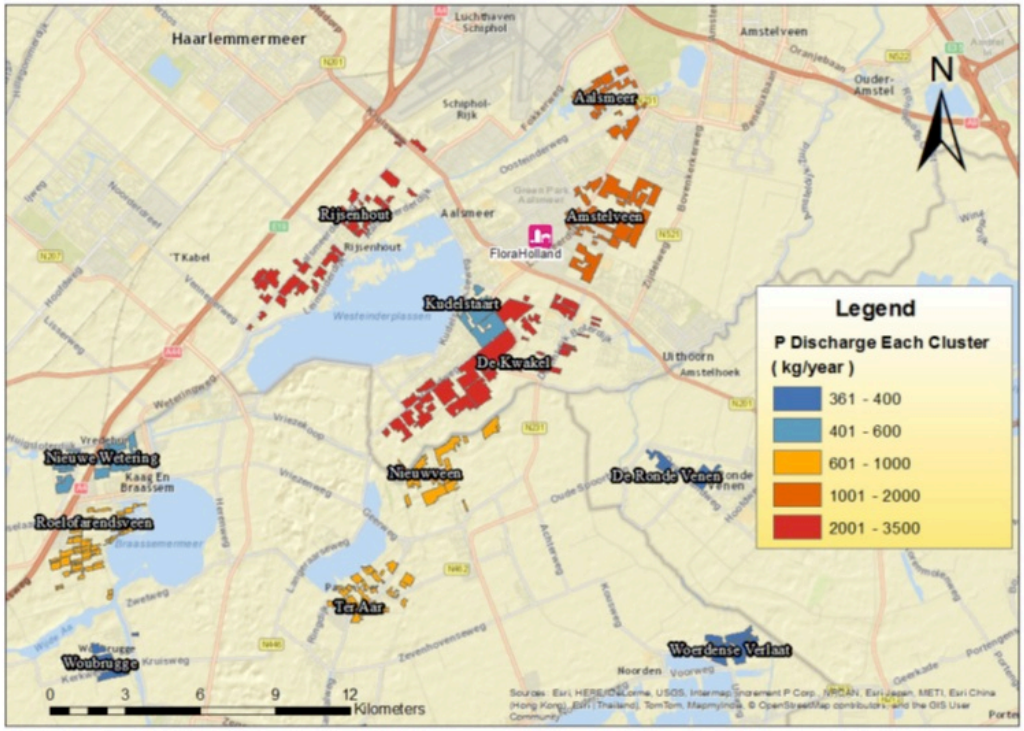


Figure 15: Phosphorus Discharge from Clusters

Table 7: Annual Nutrient Discharge by Flower Type

Flower Type	Land Use (m^2)	N Discharge Per Area (g N/y/m^2)	P Discharge Per Area (g P/y/m^2)	N Discharge Per Area (kg N/y)	P Discharge Per Area (kg P/y)
Anthurium	34,000	5.00	0.75	170	26
Astroemia	13,000	15.63	2.34	203	30
Bouvardia	21,000	15.63	2.34	328	49
Cactusses	20,000	15.63	2.34	313	47
Cutting Hydrangea	76,200	15.63	2.34	1,191	179
Flowers (Undefined)	2,912,458	17.70	2.65	51,553	7,728
Forced Shrub	5,900	15.63	2.34	92	14
Fruits/Vegetables	92,000	2.50	0.38	230	35
Gerbera	182,000	2.00	3.75	4,550	683
Hortensia	11,000	15.63	2.34	172	26
Hydrangae	40,000	15.63	2.34	625	94
Lilies	17,000	15.63	2.34	266	40
Orchids	286,000	18.80	2.81	5,377	804
Potted Plants	680,720	15.00	2.25	10,211	1,532
Potted Plants/Alstoemeria	15,000	15.00	2.25	225	34
Roses	258,000	25.00	3.75	6,450	968
Roses/Gebera/Young Plants	78,000	25.00	3.75	1,950	293
Roses/Potted Plants	80,000	15.00	2.25	1,200	180
Strelitzia Reginae	2,000	15.63	2.34	31	5
Summer Flowers	3,200	15.63	2.34	50	7
Tulips	20,000	15.63	2.34	313	47
Vegetables (Peppers)	118,000	20.00	3.00	2,360	354
Young Plants	22,000	15.63	2.34	344	52
Zantedeschia and Camellia	1,300	15.63	2.34	20	3

4. Resource Optimization

Chapter 4 maps out potential sustainable scenarios for Greenport Aalsmeer greenhouse clusters focusing on optimizing resource. Resource scenarios were developed for natural gas use, carbon dioxide consumption, nutrient discharges, and the transportation network surrounding Greenport Aalsmeer.

As shown in Figure 11, the predominant energy source for the greenhouse clusters in the study area is natural gas. Natural gas provides over half the energy demanded by the greenhouse clusters; in some cases, that fraction is over three-quarters. Given the prominent role that natural gas plays in powering the greenhouse clusters, several future scenarios of natural gas use were developed.

4.1. Future Greenhouse Area Planning

This project on resource optimization is a project of the working group ‘sustainability’ of Greenport Aalsmeer. In parallel, the project team ‘space’ of Greenport Aalsmeer has conducted a study on the future area planning of floriculture. There is a strong relation between the potential of resource optimization and the feasibility of greenhouses to be planned in a certain area. For instance, a close distance to the Amsterdam heat net or carbon pipeline can be beneficial to create critical mass, while a more remote location could force the grower to be more autonomous. Information has been exchanged from both studies in order to tune the results and recommendations.

The results of the area planning study show that there will probably be a shift in the greenhouse clusters. Some of them will probably decrease in size (Aalsmeer, Ter Aar) while others have space and opportunity to grow (Rijsenhout, Nieuwveen), as shown in Table 8.

Table 8: Projected Greenhouse Space (as predicted by Project Team "Space")

Cluster	Current Hectares *(CBS data)*	Future Hectares *(Project Team 'Space')*
Aalsmeer	63	35
Amstelveen	39	60
De Kwakel	125	206
De Ronde Venen	15	26
Roelofarendsveen	38	39
Kudelstaart	16	25
Nieuwe Wetering	23	44
Nieuwveen	30	51
Rijsenhout	92	70
Ter Aar	38	0
Woerdense Verlaat	15	0
Woubrugge	15	21
TOTAL	**509 ha**	**577 ha**

Woerdense Verlaat is a cluster that will most likely be remediated. Currently, there is only 1 hectare still in operation. For this study, this data is therefore outdated. Within this report, there will be no recommendations for resource optimization for Woerdense Verlaat. Ter Aar is a cluster that, according to the study of WB Ruimte, Agrimaco and Terra Incognita, will be marked as transformation area where in the future no investments for the greenhouse sector will be made.

It should be kept in mind that growth of greenhouse surface will have an impact on the overall carbon footprint of the sector. This is why the area planning project focuses on clustering, intensification and sustainability as key conditions for new areas. With this in mind, the extension of Rijsenhout seems more likely than the growth of Nieuwveen as a new sustainable greenhouse cluster.

4.2. Amsterdam District Heating Network

District heating is a potential source of heating for the greenhouse clusters that can offset natural gas consumption. However, at the moment, the Amsterdam district heating network does not extend to the region of the greenhouse clusters studied. In Figure 16, the southern extent of the Amsterdam district heating network ends just to the northeast of the Greenport Aalsmeer region. Given the close proximity of the district

heating network, there is potential for extending this heating source to reach the greenhouses.

Another potential source of heat is the future data center to be built near the Rijsenhout cluster. Heat from the data center could be easily piped to the Rijsenhout cluster, but the location of the future data center prohibits from being a viable heat source for other greenhouse clusters.

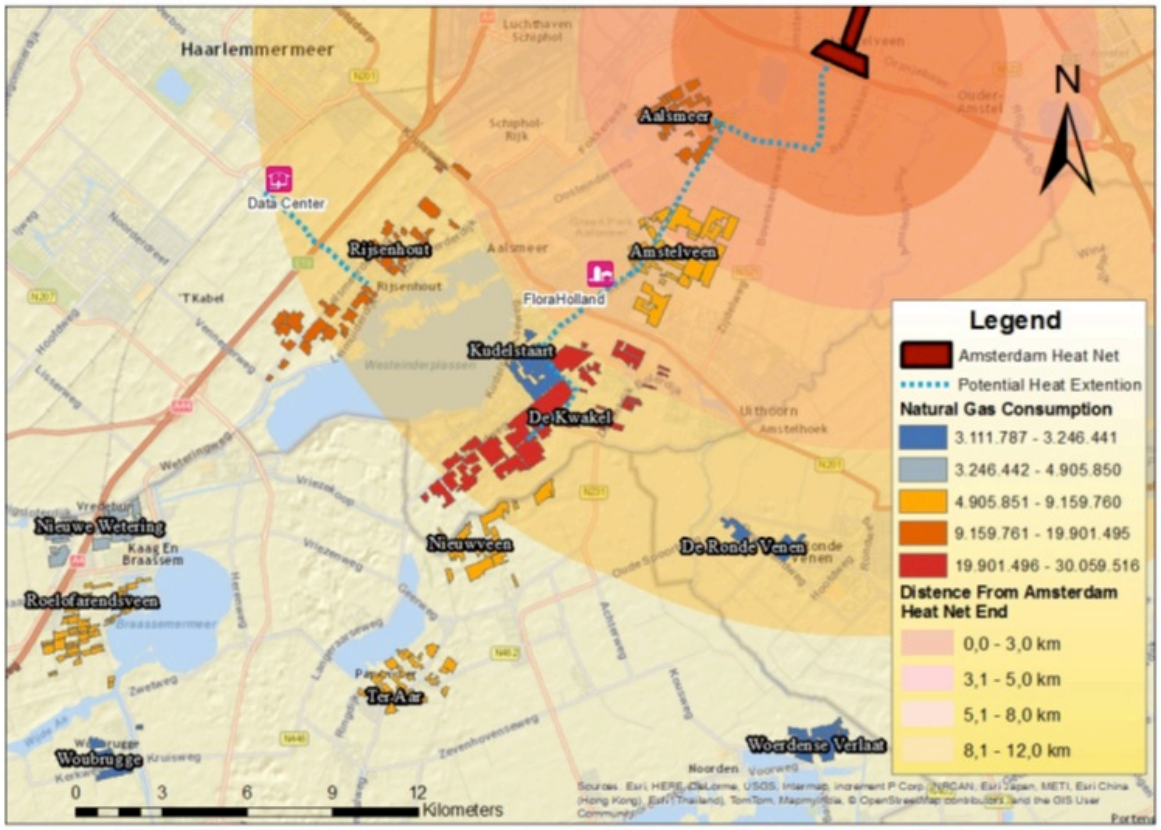


Figure 16: Proximity of the Clusters to Southern District of the Amsterdam District Heating Network (dashed lines are potential extensions)

Figure 16 shows the distance that the greenhouses are from the Amsterdam district heating network. The Aalsmeer, Amstelveen, Kudelstaart and De Kwakel greenhouse clusters are within 12 kilometres from where the district heating network ends. Figure 17 shows the data center in relation to the greenhouse clusters as well as the most probable route to extend the Amsterdam district heating network to the growing center of the greenhouse clusters between Kudelstaart and De Kwakel. Extending the southern district of the Amsterdam heat network to the south down into the De Kwakel/Kudelstaart clusters and piping heat from the proposed data center to Rijsenhout could potentially

benefit other businesses and residents along these heat corridors. This approach also aligns with the national sustainable energy and greenhouse gas reductions plans.

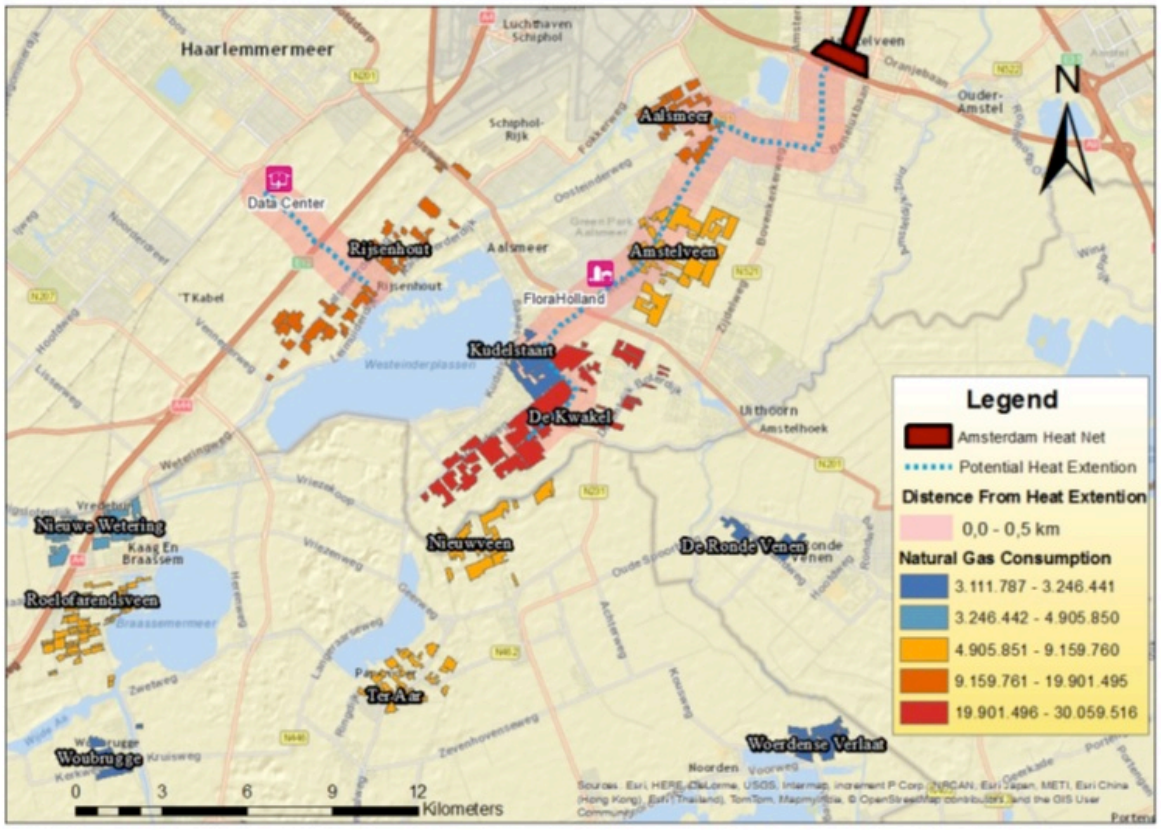


Figure 17: Potential Extended Heat Networks to the Clusters

Extending the Amsterdam district heat network and data center heat source to cover all greenhouse clusters has the potential to reduce 64,932,776 cubic meters of natural gas usage, resulting in a potential market for the heat net investors of around €33 million per year, depending on the price of natural gas.

4.3. Geothermal Energy

Geothermal energy is another potential source of heat for the greenhouse clusters. The ThermoGIS[5] application created by TNO was used to map the current technical geothermal potential in the study area. The area surrounding Greenport Aalsmeer currently has an unknown theoretical potential for energy potential due to a lack of exploration in the area.

However, the current state of knowledge on the technical potential of geothermal energy in the area shows the highest geothermal potential for greenhouse clusters in the southeast of the study area—Nieuwe Wetering, Roelofarendsveen, and Woubrugge, as shown in Figure 18.

[5] ThermoGIS data is based on a series publications on the geothermal potential of the Netherlands:

1. D. Bonté, J.-D. van Wees & J.M. Verweij. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw, 91–4, 491-515, 2012.
2. L. Kramers, J.-D. van Wees, M.P.D. Pluymaekers, A. Kronimus & T. Boxem. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw, 91–4, 637-649,2012.
3. M.P.D. Pluymaekers, L. Kramers, J.-D. van Wees, A. Kronimus, S. Nelskamp, T. Boxem & D. Bonté. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw, 91–4, 621-636, 2012.
4. J.-D. van Wees, A. Kronimus, M. van Putten, M.P.D. Pluymaekers, H. Mijnlieff, P. van Hooff, A. Obdam & L. Kramers. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw, 91–4, 651-665, 2012.

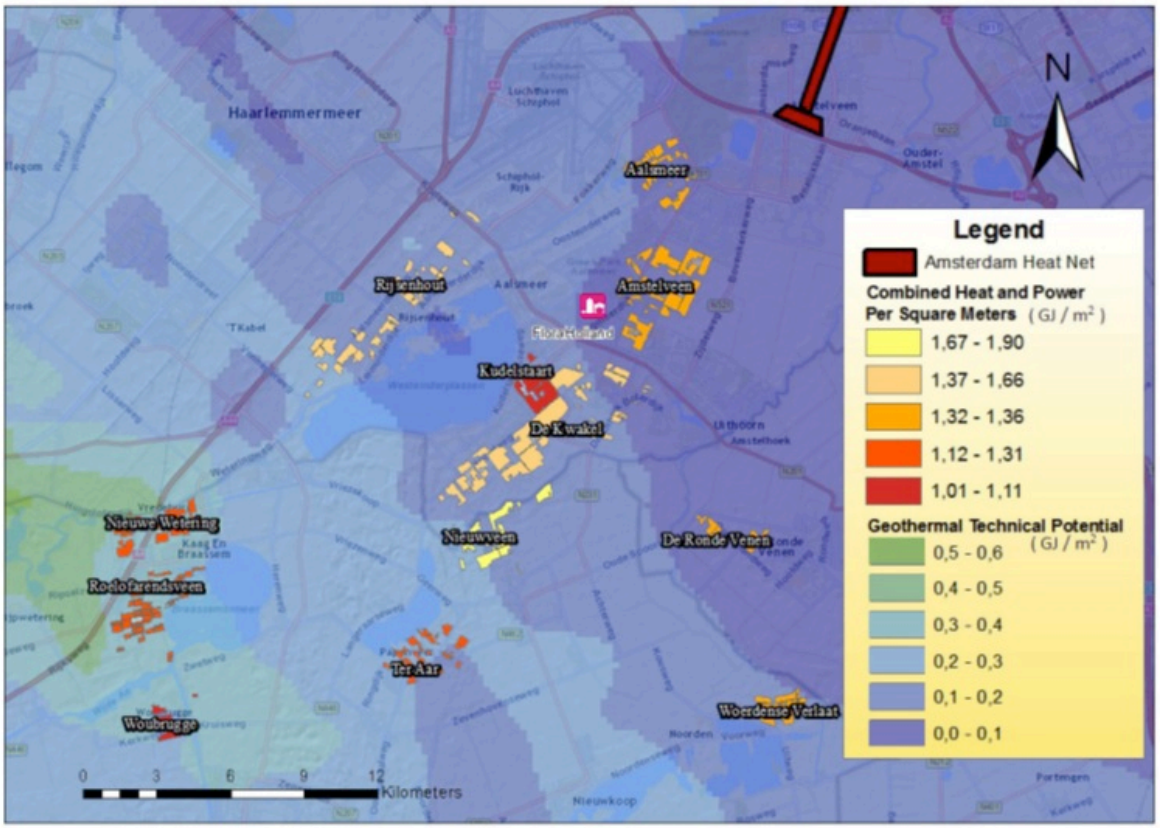


Figure 18: Technical Geothermal Potential of the Study Area as calculated by TNO

The underlying geothermal energy has the technical potential to offset 30% of their total current energy demand, for both electricity and natural gas, as summarized in Table 9. Developing geothermal energy resources for these three greenhouse clusters would reduce the annual greenhouse gas emissions in the study area by 7%.As more knowledge about the geothermal energy reserves in the study area is gained, geothermal energy may become a more viable energy option for the greenhouse clusters. Geothermal energy could be used to power CHP generators and dramatically reduce the GHG emissions that result from greenhouse management.

Table 9: Fraction of Total Energy Demand that could be offset by Geothermal Energy

Cluster	Energy Demand (GJ per m^2)	Technical Geothermal Potential (GJ per m^2)	Current Potential Offset (%)
De Ronde Venen	1.58	0.1	6%
Rijsenhout	1.33	0.1	7%
Nieuwveen	1.95	0.2	10%
Ter Aar	1.35	0.2	15%
Woerdense Verlaat	1.38	0.1	7%
Roelofarendsveen	1.34	0.4	30%
Woubrugge	1.01	0.3	30%
Nieuwe Wetering	1.35	0.4	30%
De Kwakel	1.60	0.1	6%
Amstelveen	1.40	0.1	7%
Kudelstaart	1.16	0.1	9%
Aalsmeer	1.36	0.1	7%

4.4. Carbon Pipeline

The OCAP pipeline holds the potential to be a long-term sustainable source of carbon dioxide for the clusters. Figure 19 shows the current path of the OCAP pipeline as it traverses the study area. The greenhouse clusters in the Kaag en Braassem municipality have the greatest potential to immediately access the OCAP pipeline. As the OCAP pipeline enters the Kaag en Braassem municipal area, the pipeline is adjacent to the Nieuwe Wetering and Roelofarendsveen greenhouse clusters and less than 5 km from the Woubrugge greenhouse clusters. While many of the greenhouse clusters in the study area do not have direct access to the OCAP pipeline, the planned extension to the Rijsenhout greenhouse cluster could provide the necessary carbon dioxide for this cluster also.

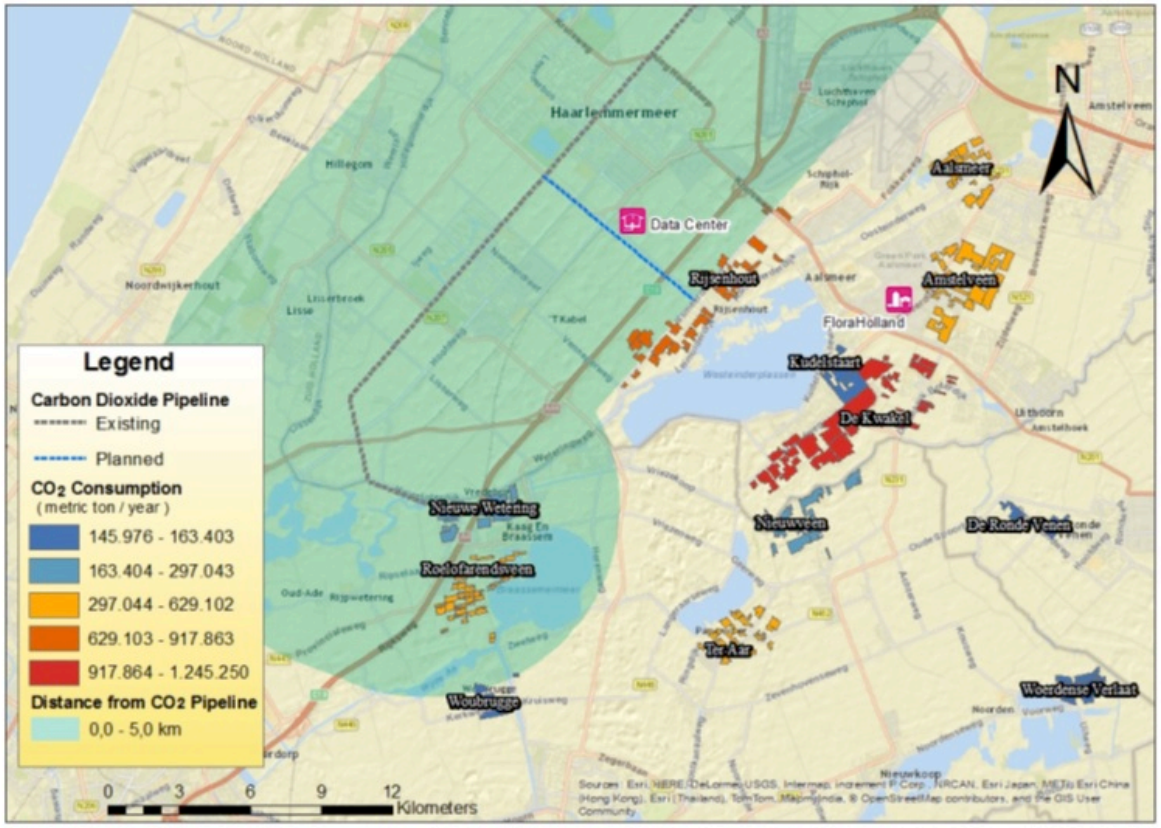


Figure 19: Distances of Clusters from the OCAP Pipeline

4.5. Water

Water for the greenhouse clusters is sourced from harvested rainwater from greenhouse roofs. On average, the greenhouse clusters consume 0.35 cubic meters of water per square meter of greenhouse space. The rainfall intensity in the region is on average 0.84 cubic meters of water per square meter. Given current levels of water consumption and rainfall, harvested rainwater should be an adequate source of water for the greenhouses into the future. Under current climate change projects, the precipitation in the study area is projected to increase slightly, so rainwater will be a continued reliable water source for all of the greenhouse clusters.[6]

[6] IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

4.6. Nutrients

Nutrient discharges from the greenhouse clusters have the potential to be reprocessed for use as fertilizers. Reprocessing effluent to harvest nutrients could provide a new source of revenue for the growers. Phosphorus has the potential to be limited globally in the future.[7] The process for manufacturing nitrogen is highly energy intensive and could be subject to price fluctuations in the future depending on the price of electricity.[8]

The economic potential of nutrient recovery was calculated for three fertilizers: diammonium phosphate (DAP), triple superphosphate (TSP), and urea. Prices for calculating economic potential were based on the latest market price of fertilizer in the European markets from IndexMundi.com. The market price used for DAP is €373.67 per ton; TSP for €318 per ton; and urea for €252.64. Since phosphorus discharges were much lower than nitrogen discharges, the economic potential of DAP recovery was calculated based on annual phosphorus discharges.

Tables 10, 11, and 12 show the economic potential of nutrient recovery based on the market prices of these major fertilizers. While phosphorus has the highest potential to become a limiting nutrient due to worldwide market dynamics and physical supply, the nitrogen recovery has the highest economic potential. Since nitrogen discharges are heavily regulated by EU Directives[9], recovering nitrogen for reuse has the additional potential benefit of reducing regulatory burden.

DAP and urea would not be precipitated from greenhouse effluent discharges, rather struvite ($MgNH_4PO{\cdot}6H_2O$) or hydroxyapatite ($Ca_5(PO_4)_3OH$) would be the mineral fertilizers precipitated from greenhouse effluent.[10] However, since there is not a reliable market price for recovered struvite or hydroxyapatite, urea and DAP were used as proxies to determine the economic potential of recovered nutrients. Further, because nitrogen-bearing struvite has a 1:1 molar ratio of nitrogen to phosphorus, phosphorous would still be the limiting constituent for nutrient recovery. Calcium, in the form of lime ($CaCO_3$), and magnesium, in the form of magnesium chloride ($MgCl_2$), would be potentially key inputs for nutrient recovery from greenhouse effluent because phosphate

---

[7] Cordell, Dana, and Stuart White. "Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security." *Sustainability* 3.10 (2011): 2027-2049.
[8] Smil, Vaclav. "Global population and the nitrogen cycle." *Scientific American*277.1 (1997): 76-81.
[9] Reference to the EU Nitrates Directive of 1991, which was created to reduce nitrogen pollution in European waterways and to reduce the potential for eutrophication in freshwater and coastal estuaries.
[10] Yi, Wei-Gang, and Kwang Victor Lo. "Phosphate recovery from greenhouse wastewater." *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 38.4 (2003): 501-509.

removal efficiency and the composition of the precipitate, whether struvite or hydroxyapatite is formed, is dependent on Ca/Mg ratios and N/P ratios.[11]

Table 10: Potential Market Value from Recovering P (based on the Market Price of DAP)

Cluster	P Discharge	100% Recovery	75% Recovery	50% Recovery	25% Recovery	10% Recovery
Aalsmeer	1,738.52	€ 2,770	€ 2,078	€ 1,385	€ 693	€ 277
Kudelstaart	421.17	€ 671	€ 503	€ 336	€ 168	€ 67
Amstelveen	1,108.60	€ 1,767	€ 1,325	€ 883	€ 442	€ 177
De Kwakel	3,353.36	€ 5,344	€ 4,008	€ 2,672	€ 1.336	€ 534
Nieuwe Wetering	593.42	€ 946	€ 709	€ 473	€ 236	€ 95
Woubrugge	361.12	€ 575	€ 432	€ 288	€ 144	€ 58
Roelofarendsveen	987.00	€ 1,573	€ 1,180	€ 786	€ 393	€ 157
Woerdense Verlaat	393.68	€ 627	€ 470	€ 314	€ 157	€ 63
Ter Aar	990.56	€ 1,578	€ 1,184	€ 789	€ 395	€ 158
Nieuwveen	674.82	€ 1,075	€ 806	€ 538	€ 269	€ 108
Rijsenhout	2,398.95	€ 3,823	€ 2,867	€ 1,911	€ 956	€ 382
De Ronde Venen	387.33	€ 617	€ 463	€ 309	€ 154	€ 62
Regional Potential	**13,408.53**	**€ 21,366**	**€ 15,562**	**€ 10,375**	**€ 5,187**	**€ 2,075**

Table 11: Potential Market Value from Recovering P (based on the Market Price of TSP)

Cluster	P Discharge	100% Recovery	75% Recovery	50% Recovery	25% Recovery	10% Recovery
Aalsmeer	1,738.52	€ 2,090	€ 1,567	€ 1,045	€ 522	€ 209
Kudelstaart	421.17	€ 506	€ 380	€ 253	€ 127	€ 51
Amstelveen	1,108.60	€ 1,333	€ 999	€ 666	€ 333	€ 133
De Kwakel	3,353.36	€ 4,031	€ 3,023	€ 2,015	€ 1,008	€ 403
Nieuwe Wetering	593.42	€ 713	€ 535	€ 357	€ 178	€ 71
Woubrugge	361.12	€ 434	€ 326	€ 217	€ 109	€ 43
Roelofarendsveen	987.00	€ 1,186	€ 890	€ 593	€ 297	€ 119
Woerdense Verlaat	393.68	€ 473	€ 355	€ 237	€ 118	€ 47
Ter Aar	990.56	€ 1,191	€ 893	€ 595	€ 298	€ 119
Nieuwveen	674.82	€ 811	€ 608	€ 406	€ 203	€ 81
Rijsenhout	2,398.95	€ 2,884	€ 2,163	€ 1,442	€ 721	€ 288
De Ronde Venen	387.33	€ 466	€ 349	€ 233	€ 116	€ 47
Regional Potential	**13,408.53**	**€ 16,117**	**€ 12,088**	**€ 8,058**	**€ 4,029**	**€ 1,612**

[11] Yi, Weigang, et al. "The effects of magnesium and ammonium additions on phosphate recovery from greenhouse wastewater." *Journal of Envirnomental Science and Health* 40.2 (2005): 363-374.

Table 12: Potential Market Value from Recovering N (based on the Market Price of Urea)

Cluster	N Discharge	100% Recovery	75% Recovery	50% Recovery	25% Recovery	10% Recovery
Aalsmeer	11,597	€ 6,284	€ 4,713	€ 3,142	€ 1,571	€ 628
Kudelstaart	2,810	€ 1,523	€ 1,142	€ 761	€ 381	€ 152
Amstelveen	7,405	€ 4,013	€ 3,009	€ 2,006	€ 1,003	€ 401
De Kwakel	22,363	€ 12,119	€ 9,089	€ 6,059	€ 3,030	€ 1,212
Nieuwe Wetering	3,959	€ 2,145	€ 1,609	€ 1,073	€ 536	€ 215
Woubrugge	2,408	€ 1,305	€ 979	€ 653	€ 326	€ 131
Roelofarendsveen	6,584	€ 3,568	€ 2,676	€ 1,784	€ 892	€ 357
Woerdense Verlaat	2,626	€ 1,423	€ 1,067	€ 712	€ 356	€ 142
Ter Aar	6,609	€ 3,581	€ 2,686	€ 1,791	€ 895	€ 358
Nieuwveen	4,497	€ 2,437	€ 1,828	€ 1,218	€ 609	€ 244
Rijsenhout	16,003	€ 8,672	€ 6,504	€ 4,336	€ 2,168	€ 867
De Ronde Venen	2,584	€ 1,400	€ 1,050	€ 700	€ 350	€ 140
Regional Potential	**89,444**	**€ 48,471**	**€ 35,303**	**€ 23,535**	**€ 11,768**	**€ 4,707**

4.7. Decentralized Options

These innovative, decentralized energy saving and energy producing options are available for individual greenhouses, dependant on the size (glass surface) and commodity (type of flower) of the specific grower. The options below will never be a complete or sole solution, but is an overview of the possibilities that are already used or going to be used within Greenport Aalsmeer and have the potential to be more widely used.

4.7.1. Fresnel Lenses

Fresnel lenses (shown in Figure 20) are a type of concentrated solar panels. Instead of using mirrors for concentrating the solar energy to one focal point, the light is centered to a point behind the lens. These lenses do not affect the diffused light, which means that sunlight still enters the greenhouse. Wageningen University is piloting these models in Bleiswijk to either produce electricity (by installing a photovoltaic panel behind the lens) or heat a heat-absorbing fluid to create steam for a turbine. This technology will generate 1,350 MJ/m^2 and will cost approximately €66 per GJ.[12]

[12] P.J. Sonneveld, G.L.A.M. Swinkels, B.A.J. van Tuijl, H.J.J. Janssen and T.H. Gieling Wageningen UR Greenhouse Horticulture, 2011

Figure 20: Fresnel Lenses

4.7.2. Decentralized Bio-fermentation Plant

In lieu of composting, organic waste streams can be anaerobically (no oxygen) fermented in large closed silos to generate biogas (shown in Figure 21). The process is technically applicable on different scales, varying from one greenhouse to a complete region. The feedstock can also be augmented with other sources of local biomass (organic waste and wet biomass as manure, roadside grass, etc.). De Meerlanden in Rijsenhout has a medium-large version of a fermentation plant, which provides approximately 3 million cubic meters of biogas per year. Smaller installations are available through a small local start-up company, the Waste Transformers. The cost of such a plant is approximately €18 per GJ of energy production, which can further decrease if subsidies such as SDE+ are available.

Figure 21: Decentralized Bio-fermentation Plant

4.7.3. Heat Exchange with Aquifers

The marine climate in the Netherlands is perfectly suitable for seasonal heat storage in underground aquifers, as shown in Figure 22. The Dutch outside temperature fluctuates between 21°C in summer and 1°C in winter. The storage of the excess heat in summer for the winter times can radically reduce energy demand. This seasonal storage can take place within water-bearing formations below surface. Most of the time, a closed system is used. The fluid that runs through the greenhouse and the water inside the aquifer are physically separated. Between those two systems, a heat exchanger is installed that not only exchanges energy, but also boosts the heat value. A heat exchanger does however need electricity, and so does the pumping system. Although, this is not a completely self-supporting system, there is more energy saved by not having to heat and cool the greenhouse. For a typical greenhouse, the energy saved per square meter per year is about 700 MJ (35%) energy saving with a payback time of about 6 year.[13]

[13] Dekkers, F. Sustainable Area Development in Haarlemmermeer, 2009

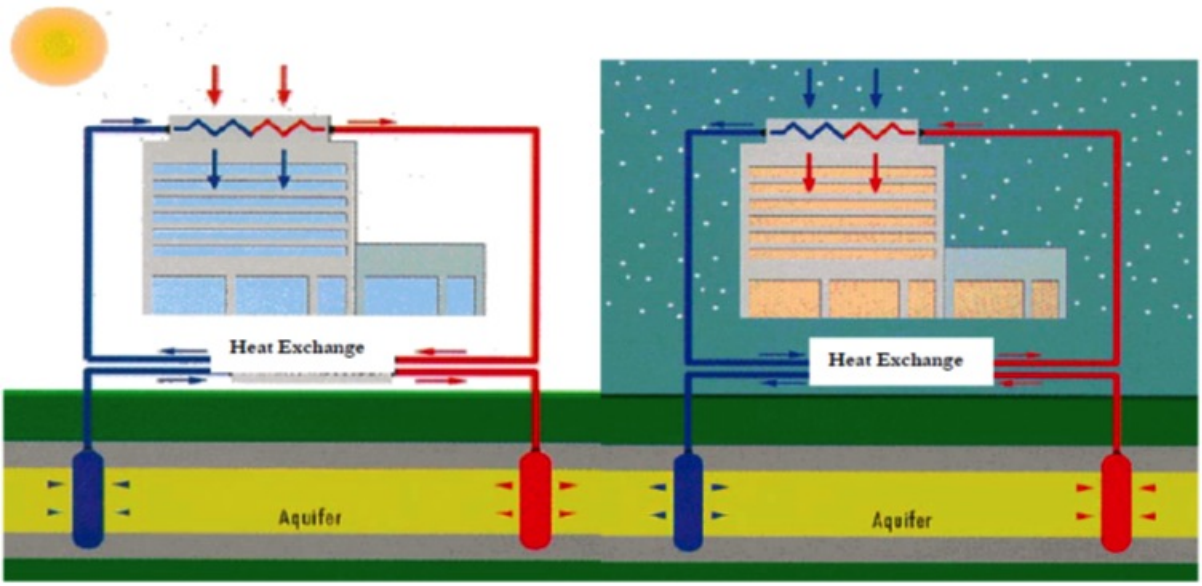


Figure 22: Heat Exchange with Aquifers

This system can also be cascaded, where surplus heat of the greenhouses is transported to nearby offices and residences. Unfortunately, in order to capture this surplus energy within greenhouses, the greenhouses themselves would have to be modified. New greenhouses should be built with a 'closed' concept, which means that the roof and the walls should only allow sunlight in, but no air – and heat – out. When doing so, the average temperature of the greenhouse would be as shown in Figure 23. The surplus energy in summer is more than the minimal required energy in winter. The surplus heat from one hectare of greenhouses that is stored in summer can be enough to supply the heat demand of 100 households[14].

[14] Kas als energiebron, *'Innovatieagenda tot en met 2012, EnergieTransitie - Creatieve Energie'*, 2009

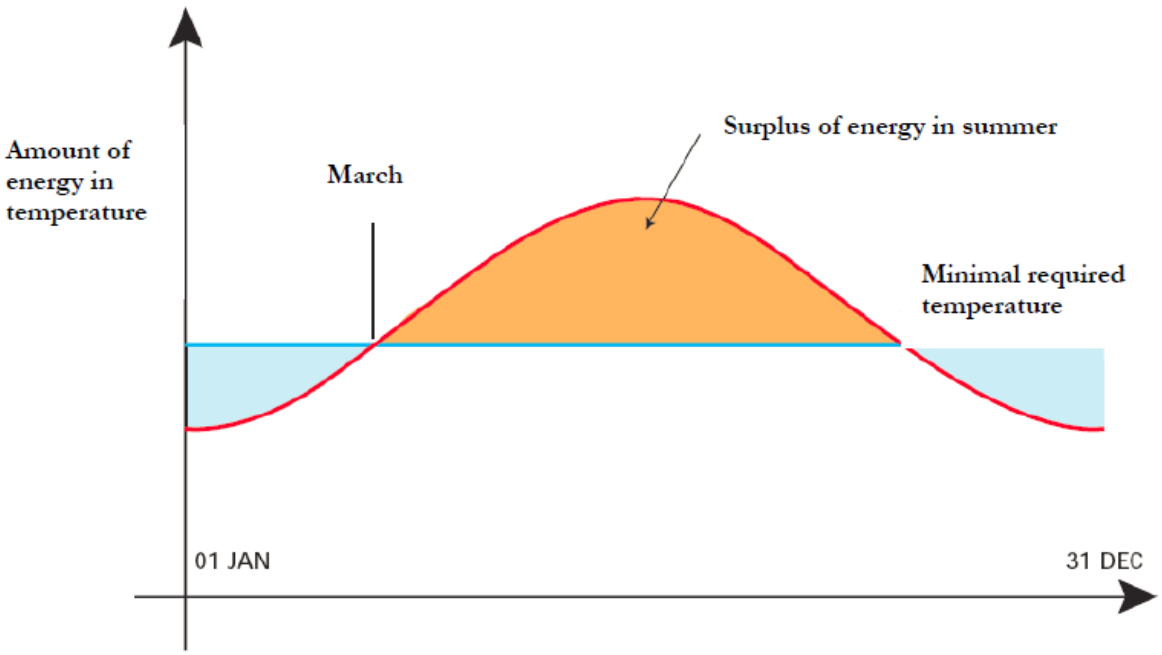


Figure 23: Surplus Energy of a Closed Greenhouse System

4.7.4. Collective Solar PV cells

Although buying solar PV cells is a feasible investment for house owners, it usually is not for greenhouse owners. Greenhouse owners pay 8.5 cents per kWh, while the average prices for households is around 23 cents per kWh. The Dutch National Government is however stimulating renewable energy generation with the Stimulating Sustainable Energy production (SDE+) subsidy for companies. With this SDE+ subsidy, the business case is easily made.

Stallingsbedrijf Glastuinbouw Nederland (SGN) has collaborated with the municipality of Haarlemmermeer to apply for this subsidy in oktober 2014 and has offered to collectively order and facilitate the process. The PV cells can be put on “closed” surfaces as storage facilities and the offices of the greenhouses. In 2015, the SDE+ subsidy will be available again. It might be interesting for other greenhouse clusters to participate in this collective apply for subsidy. For more details, contact Lennart van den Burg, Grontmij.

Although solar energy is very efficient, it will not be enough to provide the Greenport Aalsmeer enough energy. To compare, it would take 12,231 hectare of solar panels to provide enough energy for Greenport Aalsmeer.

4.7.5. Wind Energy

Another sustainable option for Greenport Aalsmeer is to collectively invest in wind energy within the greenhouse areas. The financial benefits will not directly affect each grower's energy costs since a CHP system or connection to the electric utility grid will still be required. However, the profits of a wind turbine farm could get distributed amongst the owners.

There are numerous wind turbines available on the market, suitable for each specific location. For a location with altering wind directions or with a lot of turbulence, a vertical axis wind turbine would be ideal, as used for example on rooftops. Horizontal axis wind turbines are the most common and efficient, and should be placed as high as possible in order to get a constant wind speed. The technical performance of wind turbines is highly dependent on wind velocity. When the wind velocity doubles, the maximum energy that can be generated will increase by a factor of eight. This means that in some locations a 5 meter difference of placement may change the power output by a factor of two[15]. Due to the importance of the wind speed, most wind turbines are placed high above flat surfaces. The robustness of the surface has a great influence on the wind speed, the more obstructions there are, the less velocity the wind achieves. To place wind turbines next to greenhouses is therefore less efficient than in an open (agricultural) field. Locations are recommended that are on the boundaries of the built environment and the rule of thumb for wind energy is: the bigger the better. Payback times of large wind turbines vary among factors of height, location and the proximity to the electric utility grid. Usually, payback times of on-shore wind turbines vary between 6-8 years.

Within Greenport Aalsmeer, various spatial constraints occur with respect to wind energy:

- In both the Structural Vision and the Provincial Spatial Regulation, the Province of North Holland has stated that wind energy locations within the Greenport Aalsmeer area are limited to Park 21 in Haarlemmermeer. Due to Schiphol Airport flight routes, 100 meter high wind turbines might not be allowed.
- The Province of Utrecht allows all wind turbines in the built environment but only small wind turbines (up to 20 meters) in open fields. The Province's Structural Vision limits large wind turbines to four locations near Utrecht, Nieuwegein and the Amsterdam-Rijnkanaal. Within de Ronde Venen, large scale wind energy is not allowed.
- The Province of South Holland's Structural Vision has not reserved space for wind turbines within the Greenport Aalsmeer area either.

---

[15] Mertens, S, *'Wind Energy in the Built Environment; Concentrator effects on buildings'*, (Proefschrift) TU Delft 2006

In conclusion, although wind energy is one of the most efficient energy sources, it is not a viable option for the growers in Greenport Aalsmeer. The growers can invest in wind turbines elsewhere (for instance, off-shore). Due to the nature area “Groene Hart” and the proximity of Schiphol Airport, large wind turbines within Greenport Aalsmeer are either not allowed, or only allowed in limited locations by the three Provinces. Additionally, small wind turbines are not technically or financially viable.

4.7.6. Algae Production for Purification

Algae are the fastest growing species in the world. Although often viewed as weeds or a nuisance in lakes and pools, algae are very effective in purifying wastewater. From the 125,000 different types of algae, there are a few thousand discovered to be suitable for processing grey water[16]. The only feedstock that algae need is sunlight and CO_2. Therefore, most algae purification plants occur in open space, so that the CO_2 can be fixated from air, under influence of direct sunlight. The most widely used technology is that of algae raceways for optimal algae growth (Figure 24), with active wastewater mixing. With the constant pumping within the raceways, carbon dioxide can be diffused in the water more quickly, while the algae and nutrients can interact more. The algae remove nitrogen and phosphorus for growth. Additionally, algae are also capable of binding copper, lead and nickel. Some algae forms are even capable of breaking down complex organic molecules, such as pharmaceutical drugs. The main advantage is that the resulting sludge is a mixture of solid waste and algae. Algae are a valuable product, as it can be used for biofuel, proteins, methane and pharmaceuticals.

Figure 24: Algae Production

[16] Noüe, J. de la, Laliberté, G., Proulx, D., *‘Algae and waste water’* Groupe de Reserche en Recyclage Biologique et Aquiculture (GREREBA), Journal of Applied Phycology 4, 1992

The amount of organic materials within wastewater is usually measured as 5-day biochemical oxygen demand [BOD_5]. The algae raceway system uses about 0.5 kW per hour per kilogram removed BOD_5. Considering the fact that domestic wastewater has about 200 mg BOD_5 per litre, the energy requirements for grey water purification with algae is half of the energy that is required for conventional wastewater treatment.

Algae production can be a very useful alternative for growers who are in old greenhouses. Also, it can be used to purify wastewater while creating biofuels. In Rijsenhout, there is one grower (Bevelander) who is working on an algae farm.

4.7.7. Direct Current

In the Netherlands, the electricity grid uses an Alternating Current (AC) system while most appliances, such as laptops and lighting, use Direct Current (DC) to operate. Grower Vreeken in Rijsenhout uses DC as a pilot in the greenhouse and saves 25% on electricity costs. This technology is interesting for the other greenhouses to implement as soon as Dutch regulations allow a DC.

5. Conclusion and Recommendations

5.1. Conclusions

Sustainability is the key to the successful future of Greenport Aalsmeer. Although this is already known and accepted by stakeholders, actions are commonly taken on an individual basis. With the strong competition of other areas such as Airport A7 in North Holland, Greenport Aalsmeer needs to claim or reclaim its position in the market by producing high quality, sustainable products at competitive prices. Continuous innovation is needed.

The resource optimization shows that for each cluster, different collective options are available. Below are the most viable options for the different clusters. Section 5.3 proposes next steps that a Greenport Aalsmeer sustainability manager can use in 2015 to engage stakeholders, attract investors and start Greenport Aalsmeer's transformation to a sustainable future.

5.1.1. Connection to Amsterdam District Heating Network

The residual heat of Amsterdam is a great opportunity for the north-eastern clusters of Greenport Aalsmeer. The heating network currently originates from energy producers in Amsterdam (Diemen) and ends just north of highway A9. For this project, extension of the heating network to the large greenhouse clusters in Uithoorn, Kudelstaart and Nieuwveen is proposed. The infrastructure capital investment required for this distance would not likely be feasible. Therefore intermediate areas where the heat can be used are necessary, to build the viability of the business case. These "stepping stones" would be the clusters in Aalsmeer and Amstelveen (via Legmeerdijk). Within these areas there is a total of 2,055 TJ of heat demand, which is similar to the maximum capacity of the Amsterdam district heating network. An extension to the greenhouse area in Nieuwveen or De Kwakel also could be an opportunity for linkage to new heat suppliers. Other clusters are too far from the current heating network and have low heat densities to be financially viable.

5.1.2. Connection to Future Data Park in Haarlemmermeer

Schiphol Area Development Company (SADC) is planning a large-scale data park (an area for multiple data centers) in Schiphol Trade Park, about 2 miles northwest of Rijsenhout. This future data park will produce sufficient residual heat for Rijsenhout and the planned greenhouses within PrimA4a. The route of the heat piping under the A4 can be combined with the piping and wiring for electricity, wastewater and CO_2 so that infrastructural investments are minimized by bundling different flows.

5.1.3. OCAP Pipeline

Rijsenhout, Nieuwe Wetering and Roelofarendsveen are near the existing OCAP pipeline. Other areas are currently too far for a piping system to be financially feasible. In the future, an extension along the southern tip of the Westeinderplassen to Uithoorn, Nieuwveen and Kudelstaart would be an option as soon as the Amsterdam district heating network or another sustainable heat source is available. The latter is a prerequisite for the security of a steady demand.

5.1.4. Geothermal Energy

Stakeholders of Greenport Aalsmeer have previously discussed the potential for geothermal energy. However, this project shows that the regions with a high temperature in the geothermal formations (more than 70 degrees Celsius), have a low transmissivity which causes the well to be an inconsistent source of heat. Conversely, the areas of high transmissivity have a low temperature, which would mean that heat pumps would be needed to get the desired temperature. The areas between these zones become compartmentalized because of fracture lines in the surface (as with Jamuflor).

Clusters where geothermal energy has the most potential are Roelofarendsveen, Woubrugge and Nieuwe Wetering. In Aalsmeer, Amstelveen, Haarlemmermeer and de Ronde Venen, the transmissivity is the highest, which means the risk is the lowest. Due to the fact that heat from the Amsterdam district heating network and the data park are more feasible, it is suggested that only the cluster in De Ronde Venen is investigated further.

5.1.5. Decentralized Sustainability Options

In all areas, shallow aquifers are very suitable for seasonal thermal storage and exchange, while locally-available biomass present opportunities for biogas production. In particular, areas that have lesser opportunities for geothermal energy or heating networks could utilize aquifers for thermal storage and exchange, such Ter Aar and Woerdense Verlaat. Ultimately, it depends on the commodity and size of the grower which decentralized sustainability option suits their needs.

5.1.6. Water

The supply of water is no problem for the greenhouse sector at the moment. Eighty five percent of the irrigation water comes directly from rainwater and the remaining part can be supplied by using drinking water, ground water and/or other surface fresh water.

5.1.7. Nutrients

Nutrient discharges from the greenhouse clusters have the potential to be reprocessed for use as fertilizers. Reprocessing effluent to harvest nutrients could provide a new source of economic revenue for the greenhouse clusters. However, for the amount of capital required to recover the limited amounts of phosphorous and nitrogen that are currently available, results in (only) €100k per year for all of Greenport Aalsmeer and an infeasible business case. However, phosphorous prices should be monitored due to the foreseen worldwide scarcity in the near future – which could make it financially viable.

5.1.8 Summary

The most promising resource optimization solutions are summarized in Table 13 below. Green marks are the most viable and feasible options for each of the clusters. Yellow marks indicate additional options that can be complementary to, or substitutions for, the most feasible option.

Table 13: Summary of Options for each Greenport Aalsmeer Cluster

Cluster	Amsterdam Heat Net	Data Park	OCAP Pipeline	Geothermal Energy	Decentralized Options
Aalsmeer	🟢			🟡	🟡
Kudelstaart	🟢		🟡		🟡
Amstelveen	🟢			🟡	🟡
De Kwakel	🟢		🟡		🟡
Nieuwe Wetering			🟢	🟢	🟡
Woubrugge					🟡
Roelofarendsveen			🟢	🟢	🟡
Woerdense Verlaat					
Ter Aar					🟢
Nieuwveen	🟢		🟡		🟡
Rijsenhout		🟢	🟢	🟡	🟡
De Ronde Venen				🟢	🟡

For this project, we do not have precise energy costs for each grower. However, using average electricity and natural gas pricing, the entire Greenport Aalsmeer organization of growers may be able to realize energy savings of a potential maximum of €68 million annually. This is purely an estimate based on assumptions of recurring costs, with no estimation for capital costs. A more accurate analysis of energy costs and potential savings by each cluster and each grower can be used to estimate the potential payback for investment considerations.

5.2. Recommendations

Despite the worldwide growing demand for flowers, production in Holland is declining. FloraHolland will likely open more locations in the world due to the increasing digitalisation which has opened the market to competition.

Greenport Aalsmeer needs to seek ways to distinguish themselves from other growers in the market in order to maintain and grow market share, by implementing some of these recommendations:

1. ***Strengthen the stakeholder network to successfully implement sustainable opportunities.***

    a. Synergy and exchange of resource streams is always cheaper and more reliable over time than being dependent on external resource flows.

    b. Greenport Aalsmeer can develop a sectorial appearance, creating a community for capitalizing on clustering, sharing of knowledge and give the heat suppliers and infrastructure companies, such as Alliander and OCAP, a secure demand over time, which will result in system efficiency improvement, and possibly cost reduction. For example, the logical areas to expand the number of growers are within Rijsenhout and De Kwakel; Rijsenhout due to its proximity to the OCAP pipeline, De Kwakel due to its high heat density.

2. ***Become the knowledge and innovation platform for horticulture.***

    a. The new PrimA4a area is a great opportunity to exhibit sustainable innovation and new concepts. The area near Rijsenhout could serve as a horticulture knowledge and innovation platform for the other regions and align with future locations such as Park 21 and Schiphol Trade Park, which are being developed as sustainable locations for leisure and logistics.

    b. Prepare for new (innovative) technologies such as algae production in wastewater, smart-grid applications and/or the use of DC electricity. These technologies are still in their infancy, but may play a very important role in the future of energy reduction and generation. Greenport Aalsmeer could become the testing ground and beneficiary of these technologies in the future.

3. ***Broaden the use of sustainability assessment to optimize commodity priorities.***

a. The interviews clearly showed that the stakeholders see sustainability as "energy", while ideally, other sustainability potential should also be addressed, for example:

   - How growers are and can contribute further to the community with economic development opportunity, education and outreach, and poverty alleviation,
   - How growers can build a broader partner network to expand support,
   - How spatial and ecological quality can be optimized,
   - How historical context of the area can be opportunistically utilized, such as with branding and market evolution,
   - How the relationship with the polder can be expressed in the spatial plan and,
   - How the location of area can be used as a showroom for passing travellers.

b. An optimization of the full sustainability potential of Greenport Aalsmeer can lead to comprehensive broader conclusions than the optimization of solely physical resources. The sustainability manager should expand the conclusions of this report to be more comprehensive by including qualitative aspects and flows (social, cultural, cognitive and environmental aesthetics).

c. This comprehensive sustainability assessment can then be used to prioritize and optimize the commodities grown within Greenport Aalsmeer.

4. ***Create a sustainability opportunity prioritization decision-support tool.*** This tool can then convert the comprehensive sustainability assessment into spatially-targeted economic potential for Greenport Aalsmeer.

5.3. Next Steps for the Sustainability Manager (Duurzaamheidsmakelaar)

From the interviews conducted in this study, it can be concluded that all stakeholders see the importance of sustainability (i.e. saving on energy bills, which is about 30% of the operating costs) as a precondition for future growth. Starting January 2015, a sustainability manager will be appointed by Greenport Aalsmeer to work with the various stakeholders on the implementation of the suggested sustainability improvements.

Numerous studies, workshops and sessions have been devoted to sustainability topics in recent years. Now there is a need for a pragmatic and realistic approach. Questions such as: “who is going to invest? Who covers the risks? And what is in it for me?” need to be answered in the next step. There is a need for information on connecting

knowledge and creating clarity and security for the growers. With this report, the sustainability manager has enough background information to become a connector, facilitator, coordinator and stimulator. He or she will need to communicate, be informed of the existing information and should also be able to speak the “language” of the growers.

The stakeholders which need to be recruited for each of the potential improvement areas are discussed below:

1. Amsterdam District Heating Network: Connect the heating network coordinator of the Amsterdam Economic Board, the electricity grid operator Alliander and recruit and inform potential users in Aalsmeer and Amstelveen. Identify additional heat consumers or heat producers in the area (data centers, hospitals, swimming pools, etc.).

2. Data Park in Haarlemmermeer: Conduct further discussions with stakeholders such as PrimA4a, Schiphol Trade Park (SADC), municipality of Haarlemmermeer, Water board of Rijnland and the electricity grid operator Alliander.

3. OCAP pipeline: Primary stakeholders are OCAP, municipalities of Haarlemmermeer and Kaag en Braassem. One particular grower Looijen in Rijsenhout has already signed a contract which would be the first major investor.

4. Geothermal energy: Connect with specialists in the field of geothermal energy; Ger de Bruin of T&A Survey is a front runner on the technology. Start conversations with the municipality of de Ronde Venen.

5. Decentralized options: Investigate the current duration of the contracts for organic waste delivery to Meerlanden and analyze the feasibility of placing an extension within a remote greenhouse area. Additionally, start conversations with Waste Transformers, a start-up company at ENGINN in Haarlemmermeer who sell movable containers which transform biomass to nutrients, heat, electricity and CO2. This could be viable for small scale applications.

6. Other options: Learn more about the use and viability of Fresnel Lenses, Algae Growth, (semi-closed greenhouse concepts and solar energy). The main contacts for these innovations are Andrea van der Graaf of Meermaker and Lennart from Grontmij. It is crucial that the available innovations are communicated and shared amongst the growers in the area.

With these stakeholders, the goal of the sustainability manager should be to assist and prepare business cases, collect letters of intent of potential users and draft contracts for implementation.

Summarizing, the critical initial priorities for the sustainability manager should be:

A. Create a business case for extension of the Amsterdam district heating network to Aalsmeer.
B. Combine existing plans for the data park in Schiphol Trade Park with the OCAP Pipeline extension in Rijsenhout and the newly planned PrimA4a;
C. Convene with Province of South Holland to further assess geothermal potential in Kaag en Braassem and plan for trial drilling.
D. Conduct a comprehensive and holistic sustainability assessment of Greenport Aalsmeer.
E. Develop a decision-support tool for all growers to immediately understand their potential for savings.

6. Appendix

6.1. Stakeholders Interviewed

Stakeholder interviews are chronologically listed below. This excludes the various meetings with sustainability manager [redacted], who has been invaluable during the entire process. Also, [redacted] of Agrimaco and [redacted] of the municipality of Uithoorn have been consulted multiple times over the past months.

July 15th 2014 – [redacted], Provincie Noord-Holland

July 18th 2014 – [redacted], Flora Holland

July 21st 2014 – [redacted], Stallingsbedrijf Glastuinbouw Nederland (SGN)

July 23rd 2014 – [redacted], Municipality of Aalsmeer/Amstelveen

August 19th 2014 – [redacted], Naktuinbouw

August 22nd 2014 – [redacted]

September 10th 2014 – [redacted] de Zonnebloem / LTO noord

September 10th 2014 - [redacted] municipality of Haarlemmermeer & Phillip Bocxe, Stallingsbedrijf Glastuinbouw Nederland (SGN)

September 24th 2014 - [redacted], Schiphol Group

September 24th 2014 - [redacted] SADC

November 13th 2014 - [redacted], Stallingsbedrijf Glastuinbouw Nederland (SGN) & [redacted], Grontmij & [redacted] Meermaker/Tegenstroom

November 14th 2014 - [redacted], Province of North-Holland

6.2. Wide Format Maps

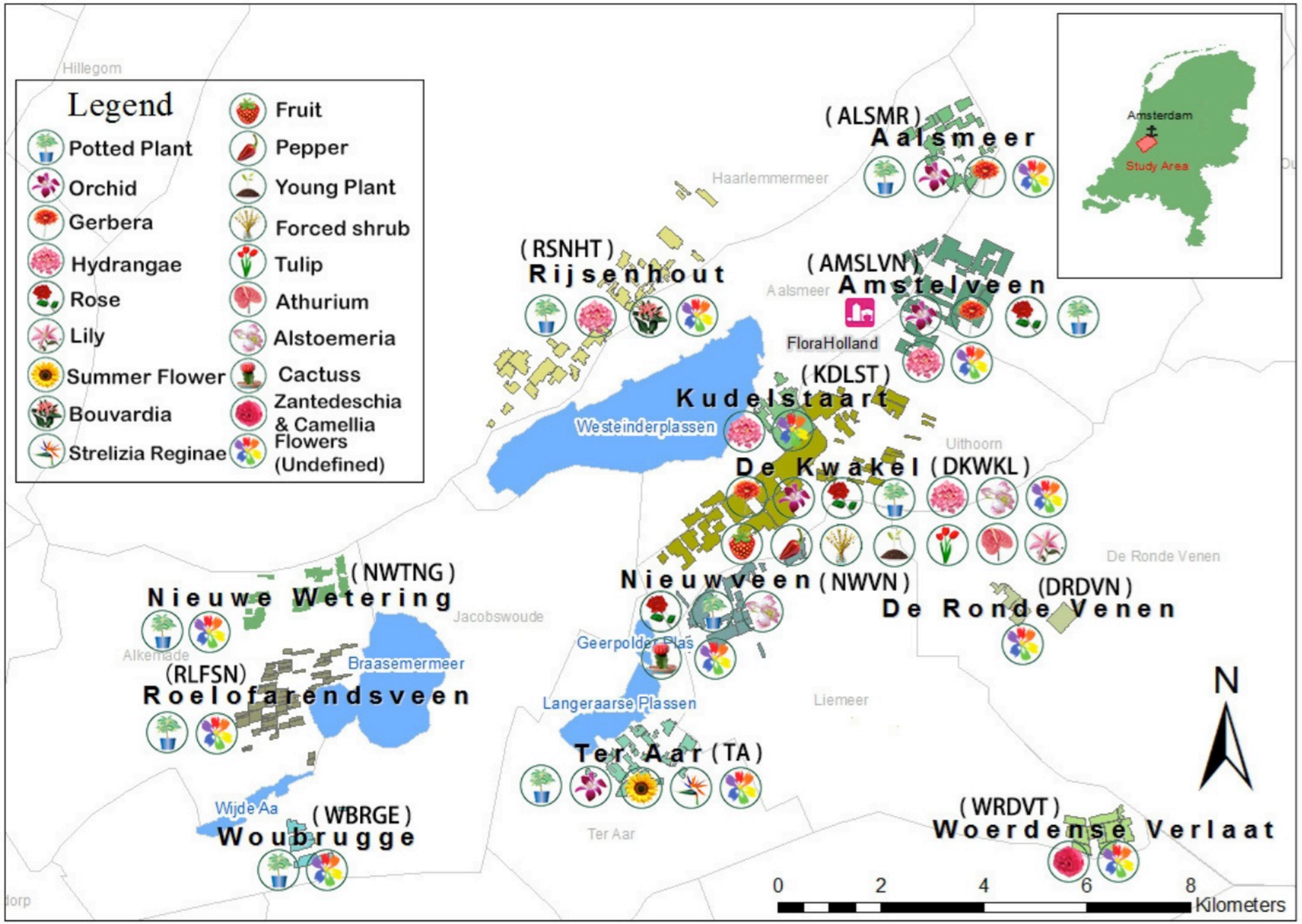


Figure 8: The 12 Greenhouse Clusters and their Commodity Production

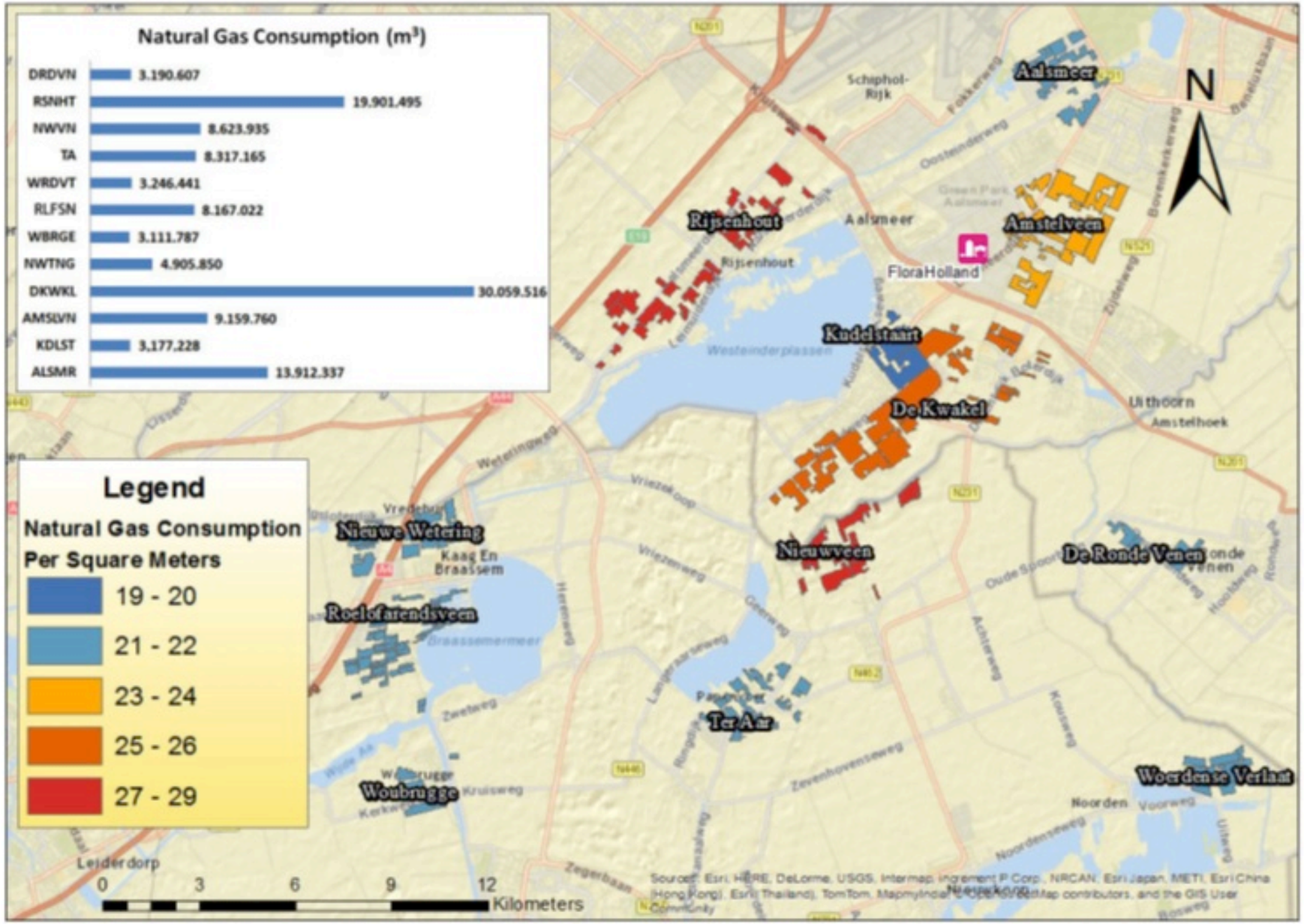


Figure 9: Natural Gas Consumption Intensity by Cluster (inset graph shows Total Annual Natural Gas Consumption)

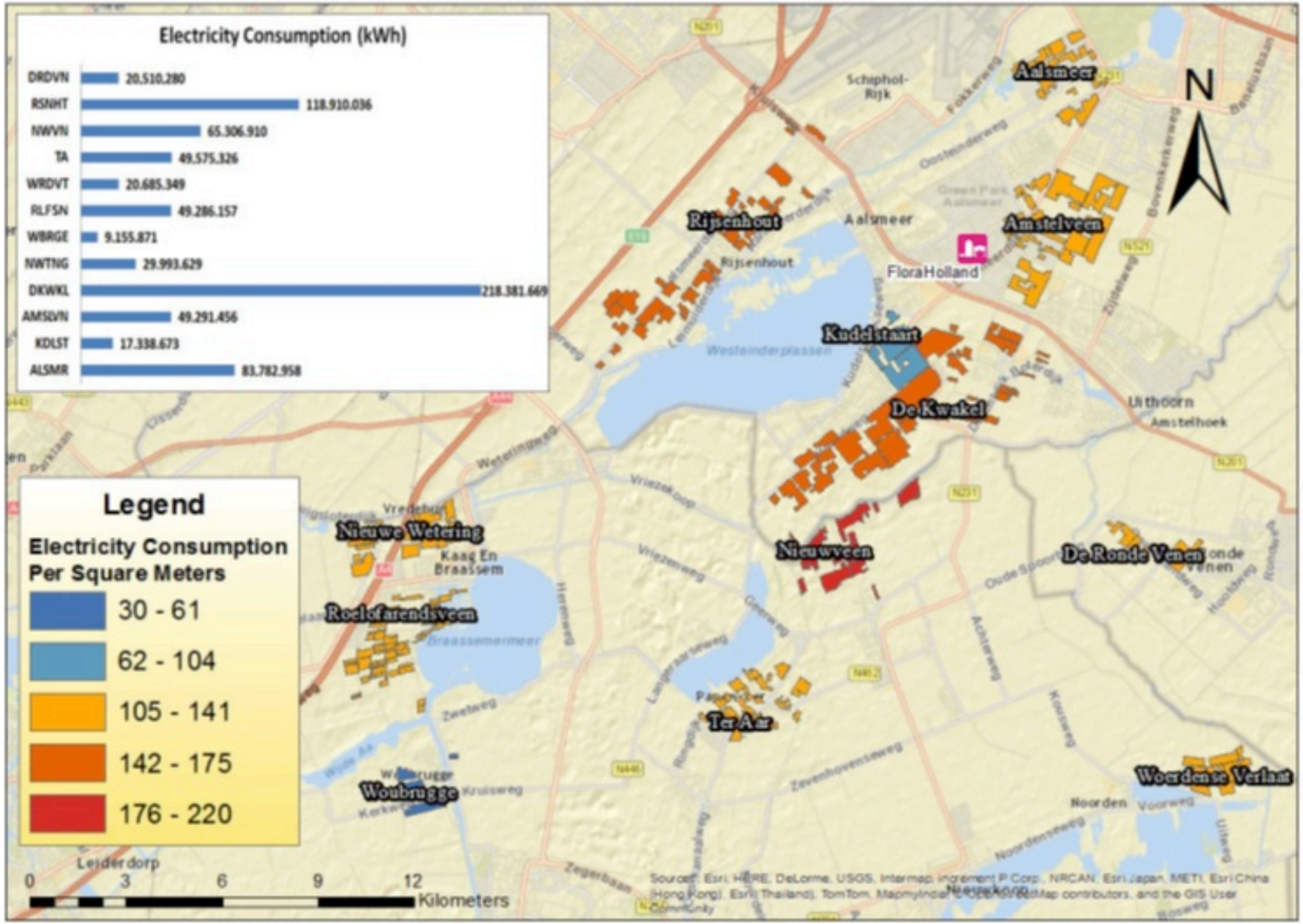


Figure 10: Electricity Consumption per square meter (inset graph shows Total Annual Electricity Consumption)

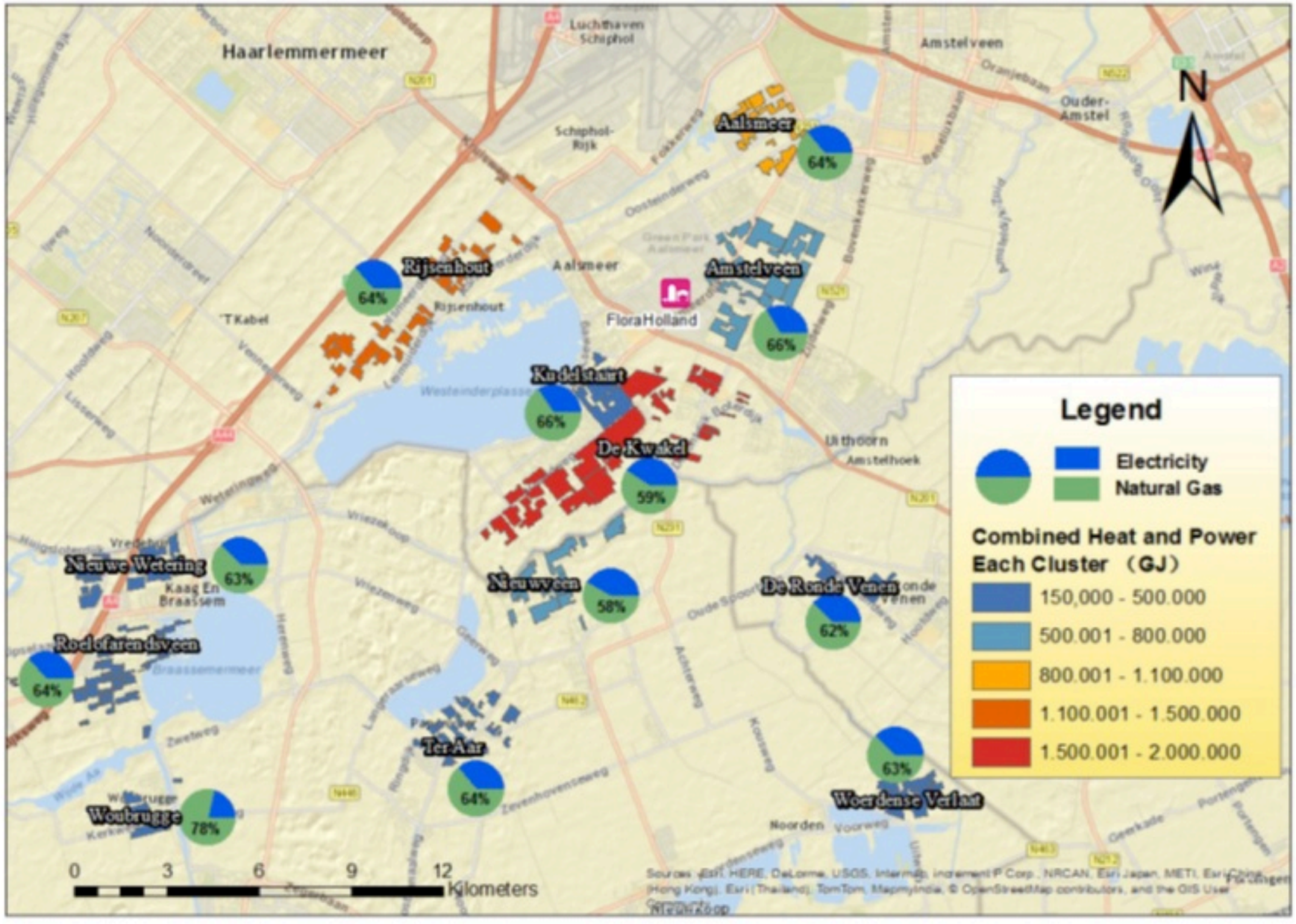


Figure 11: Distribution of Energy Sources at each Cluster

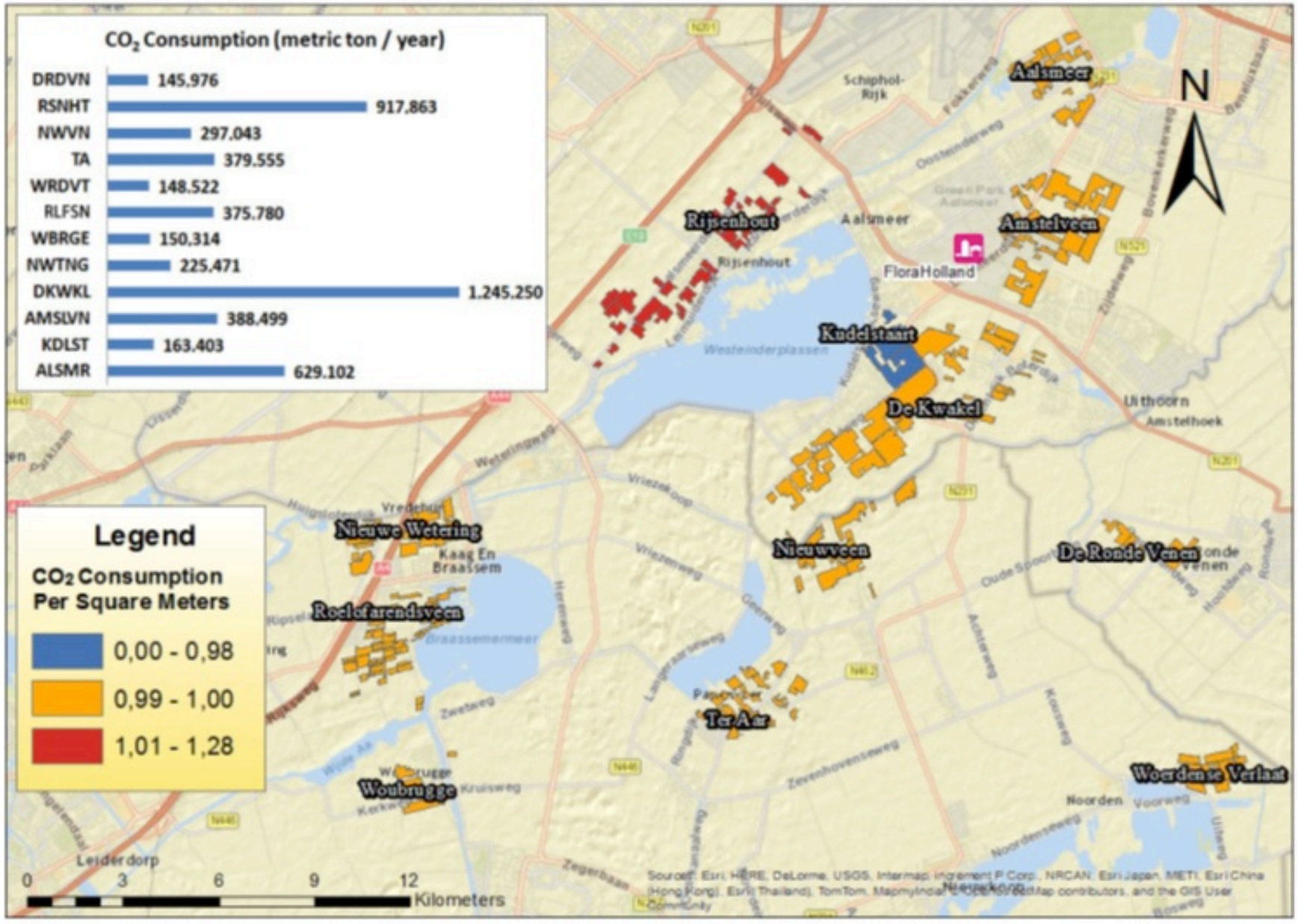


Figure 12: Carbon Dioxide Consumption per square meter (inset graph shows Total Annual Carbon Dioxide Consumption)

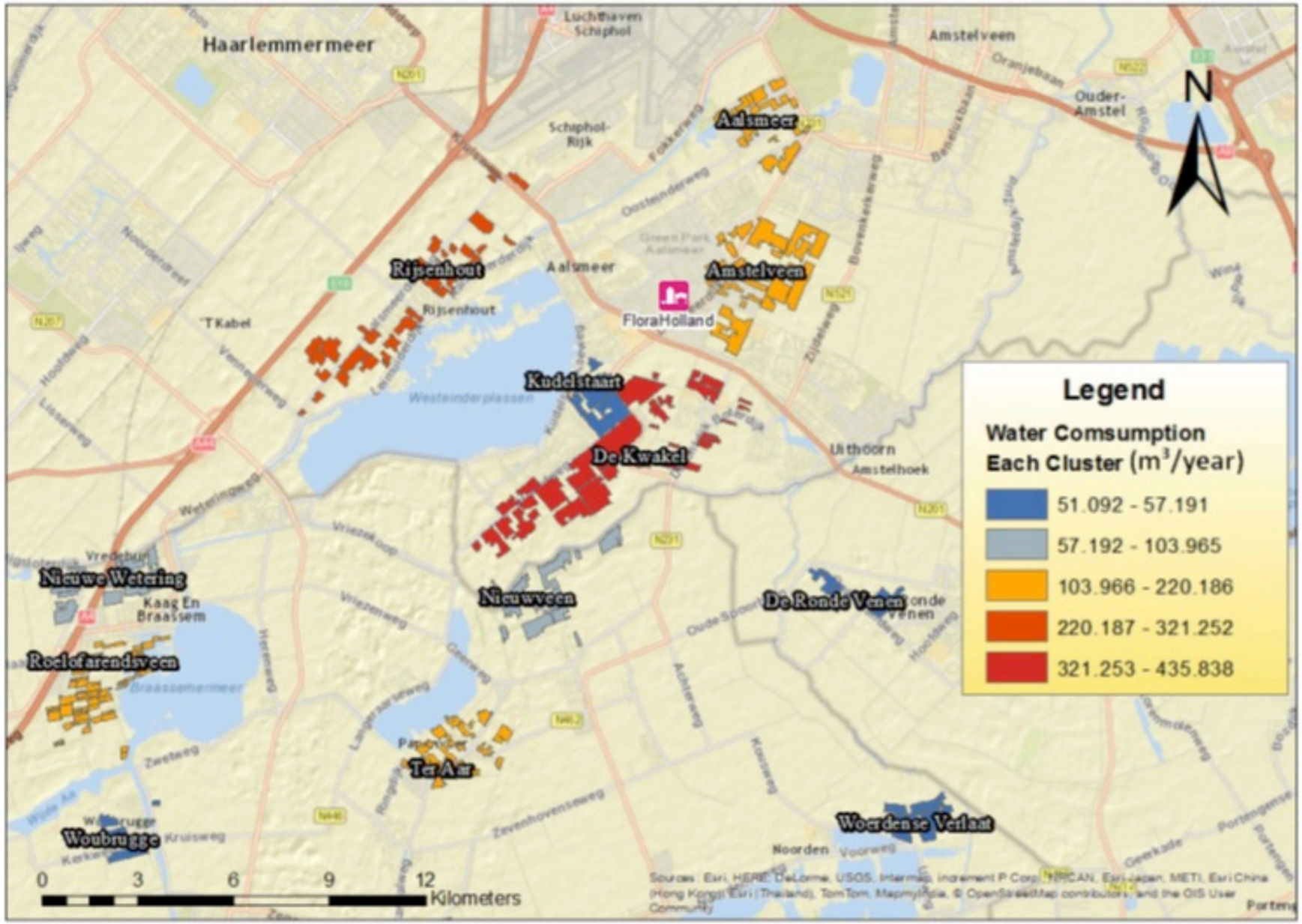


Figure 13: Water Consumption across the Clusters

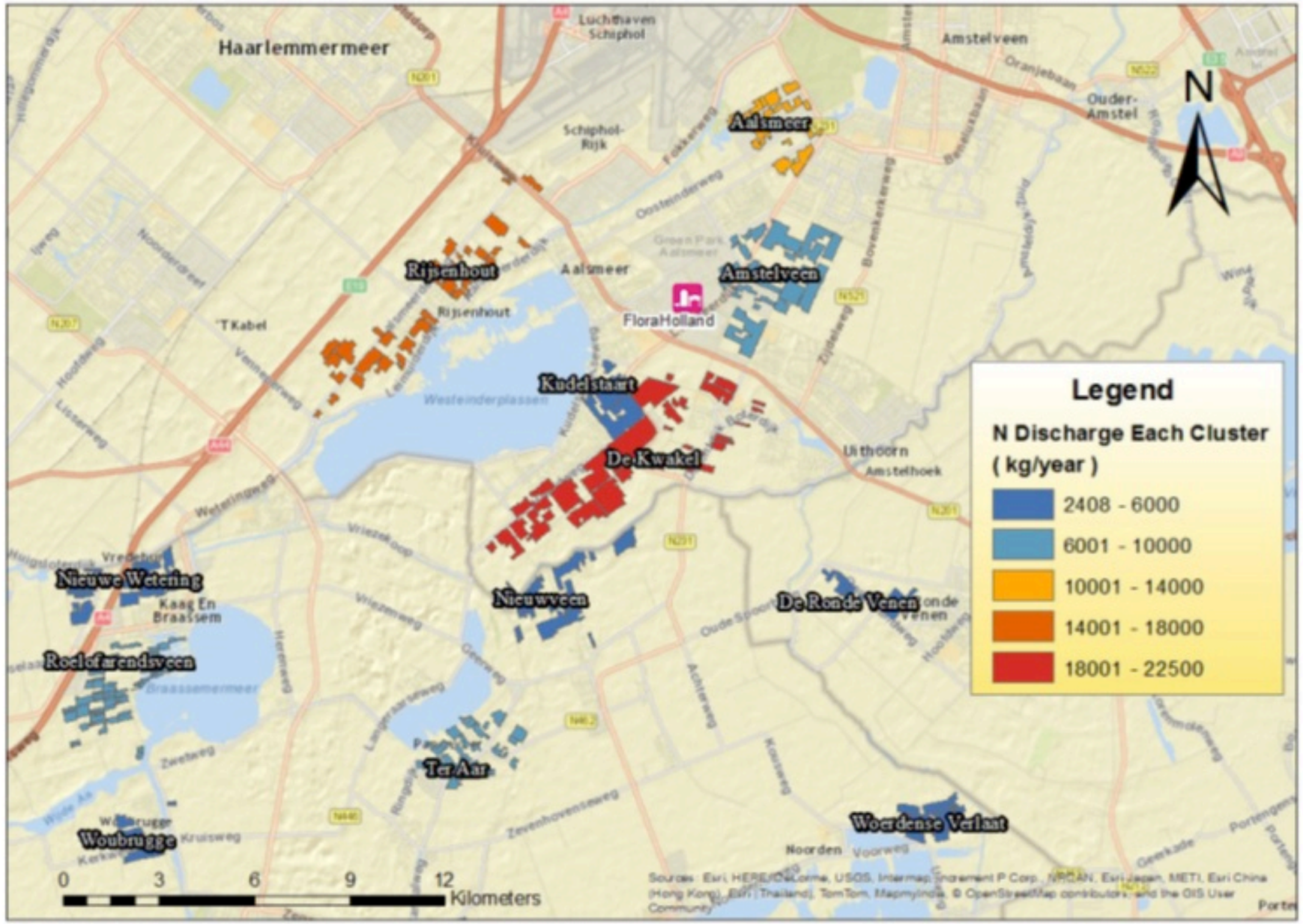


Figure 14: Nitrogen Discharge from Clusters

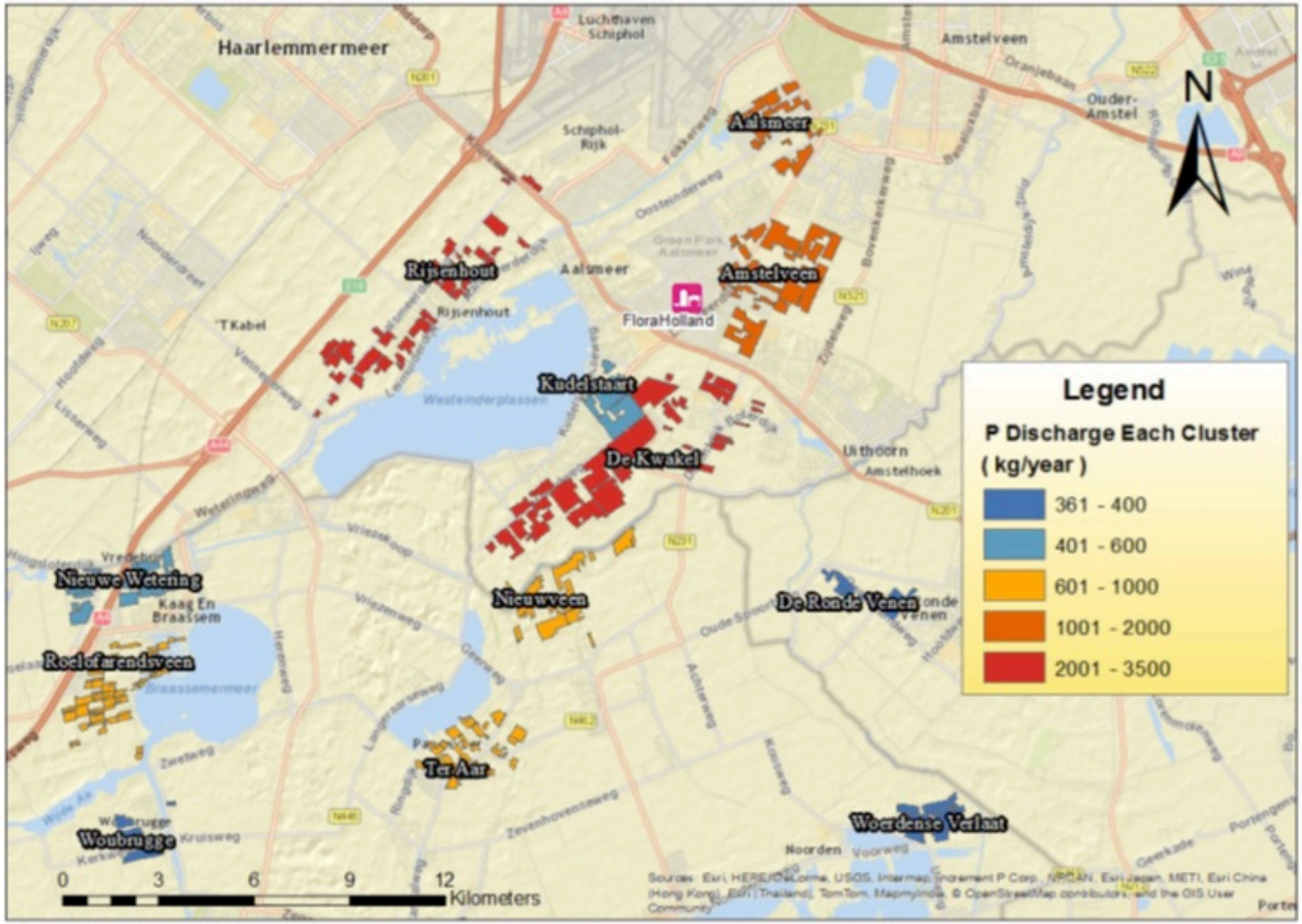


Figure 15: Phosphorus Discharge from Clusters

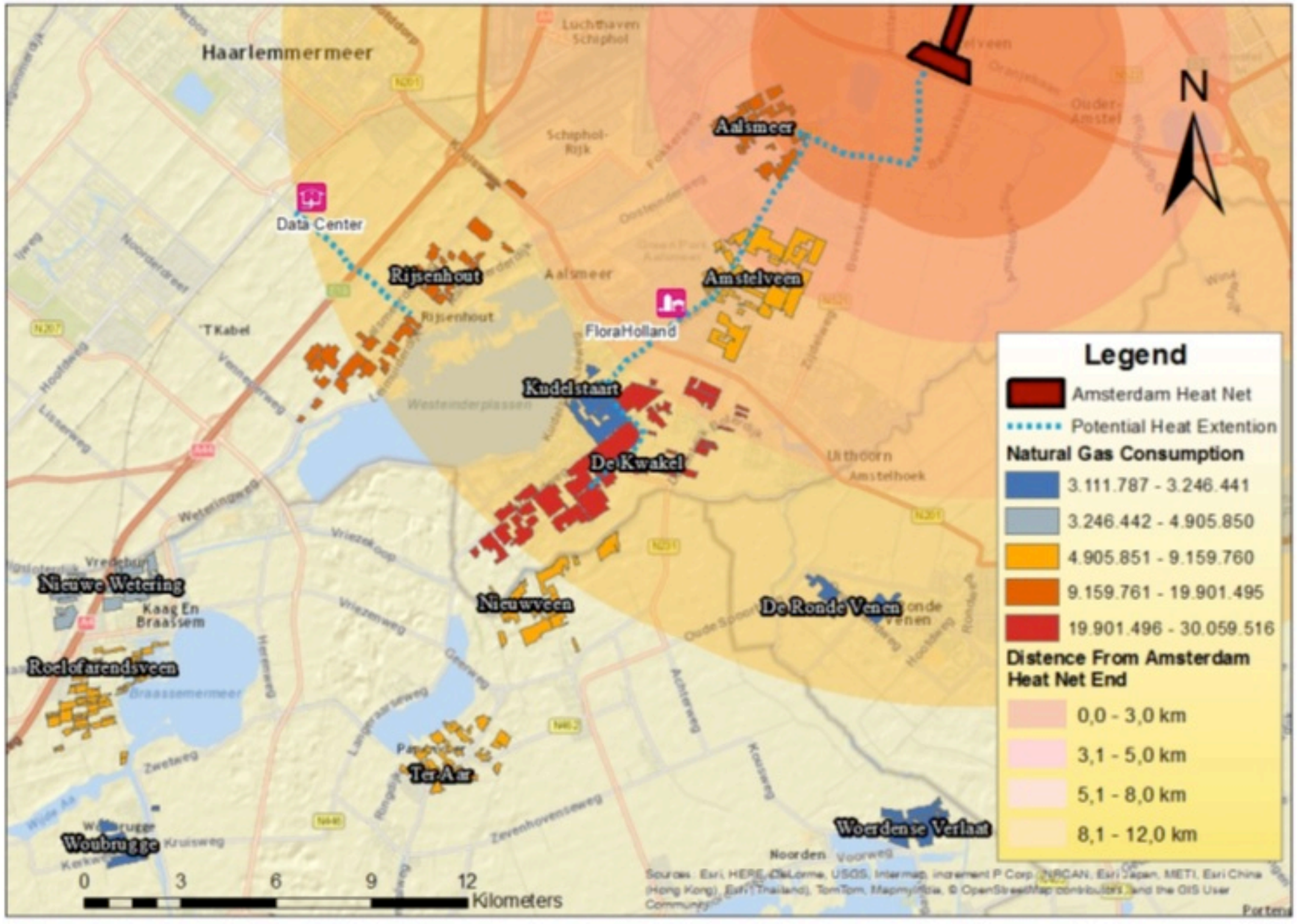


Figure 16: Proximity of the Clusters to Southern District of the Amsterdam District Heating Network (dashed lines are potential extensions)

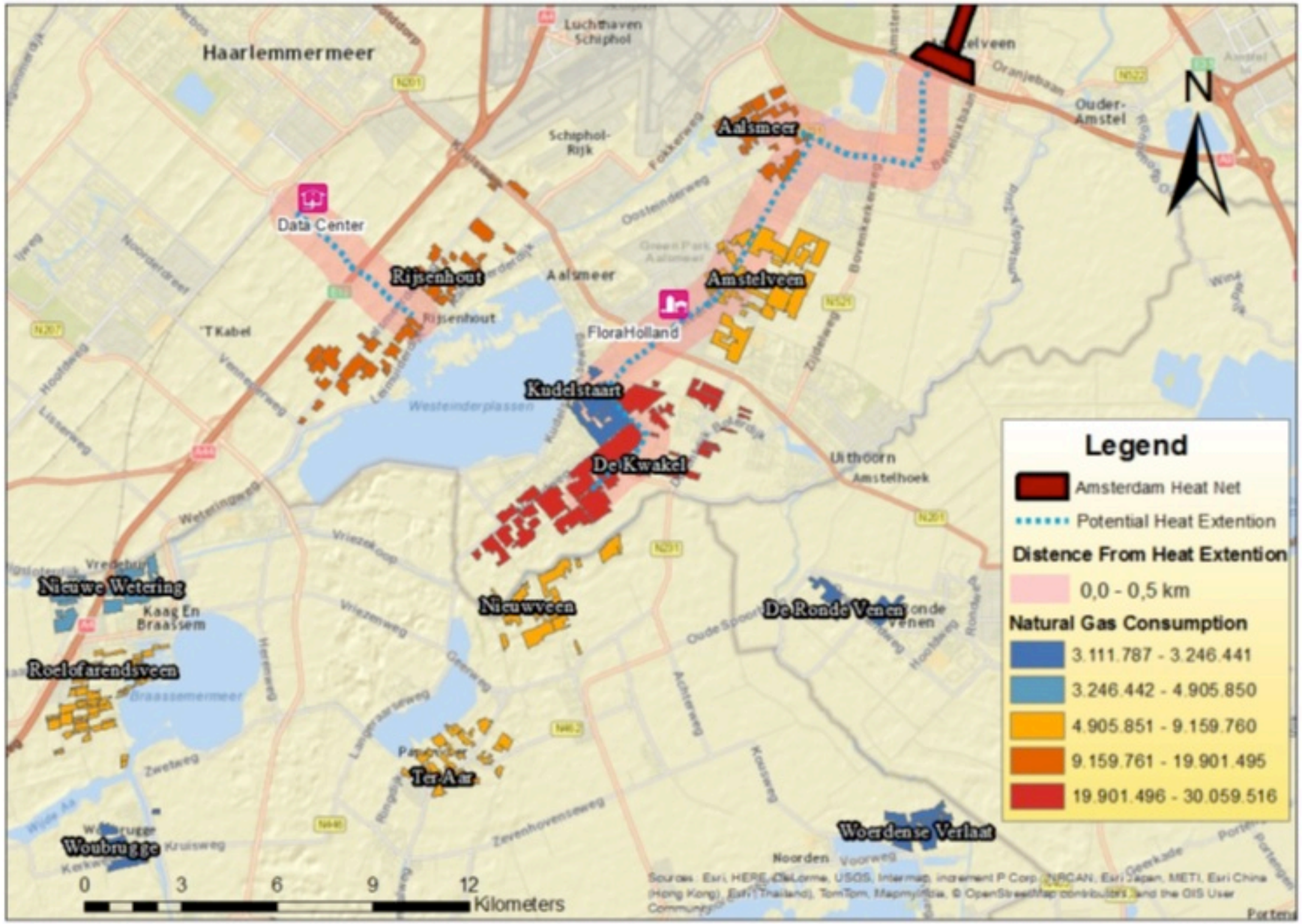


Figure 17: Potential Extended Heat Networks to the Clusters

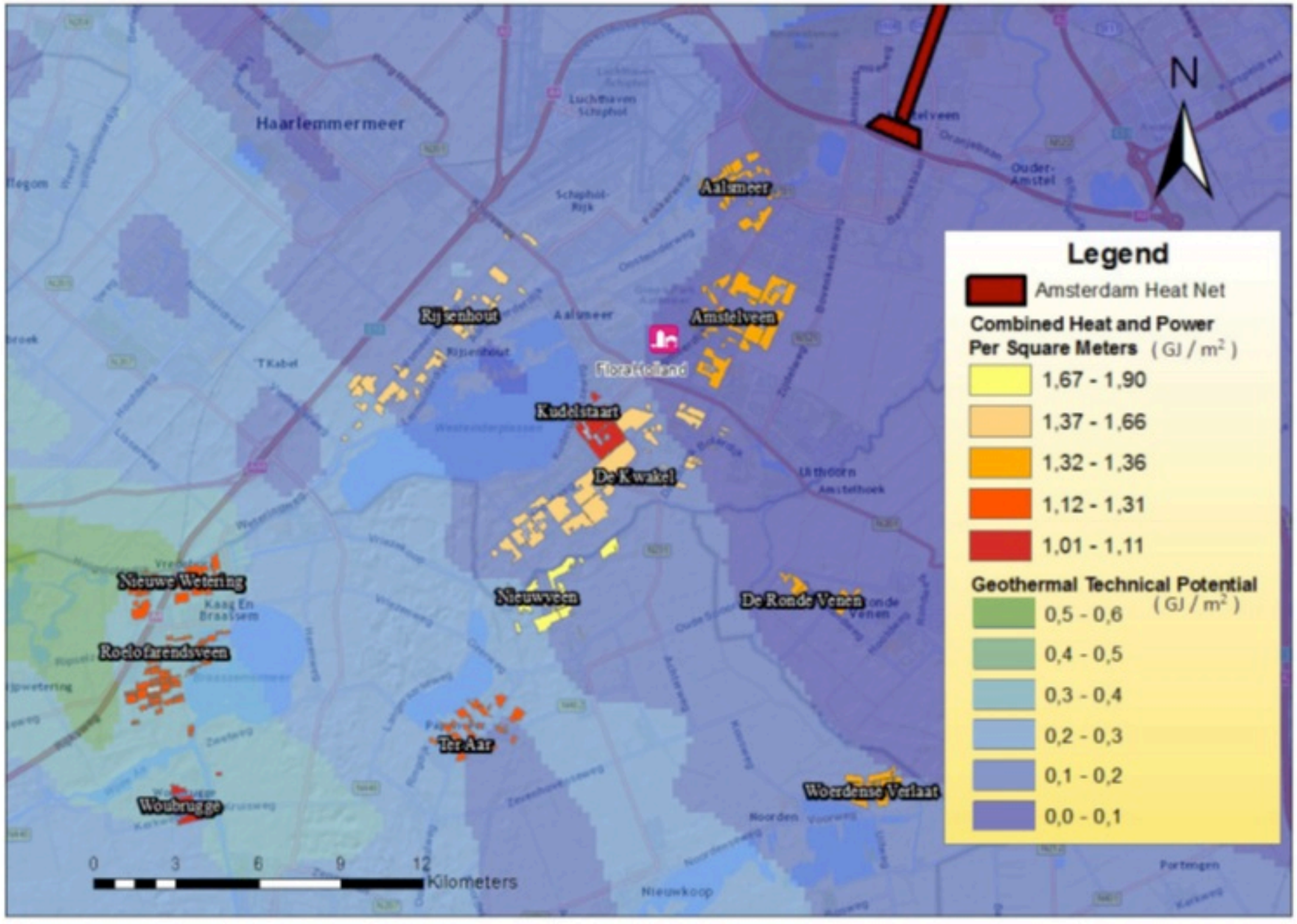


Figure 18: Technical Geothermal Potential of the Study Area as calculated by TNO

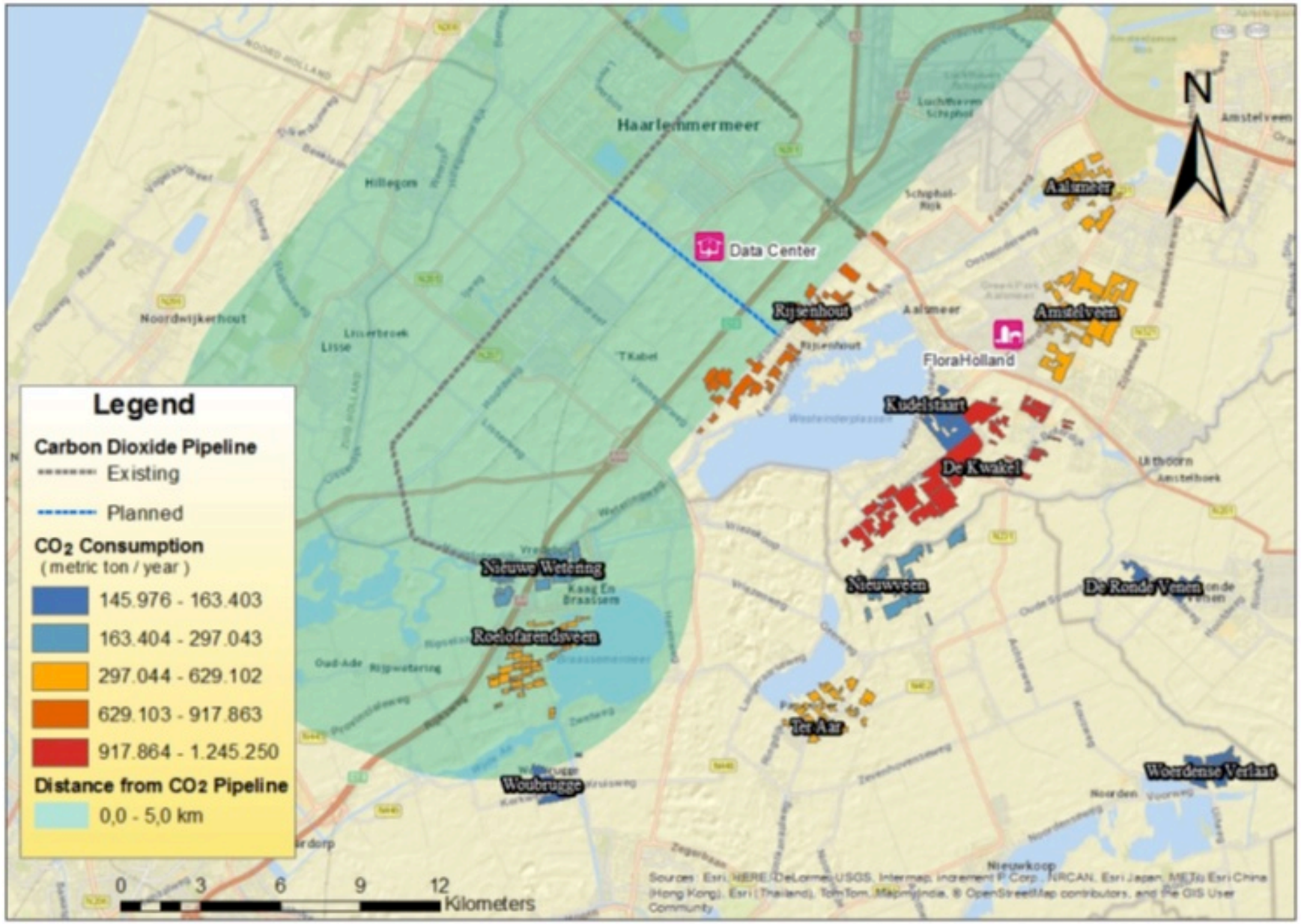
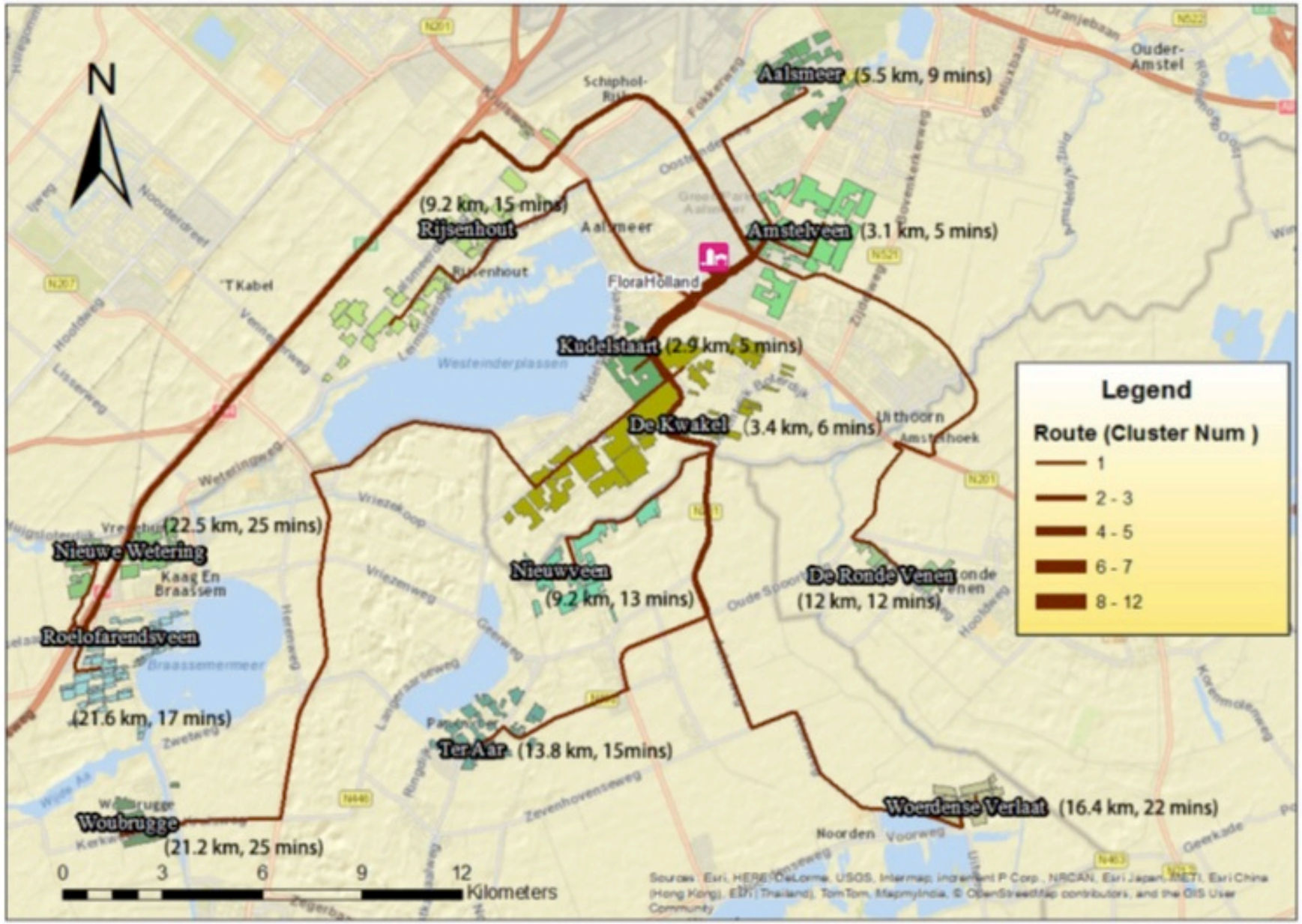


Figure 19: Distances of Clusters from the OCAP Pipeline



Transportation Routes used by Greenport Aalsmeer Growers (thicker lines indicate higher use roads)

6.3. Presentation

The presentation given to Greenport Aalsmeer stakeholders is included below as 4 slides per page.

Optimalisatie energiestromen
Greenport Aalsmeer

[redacted]

Stuurgroep Greenport Aalsmeer
19 november 2014

2

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Inhoud

- Introductie
- Huidige stand van zaken
- Duurzaamheidsprogramma
- Conclusies en aanbevelingen
- Vervolgstap: Duurzaamheidsmakelaar

3

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Introductie

Team Arizona State University

[redacted]

ASU Resource Mapping & System Analysis PhD student

ASU Sustainability Scientist

ASU Master student in CIS and GIS

4

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Ambities voor 2025

- 50% CO_2 reductie;
- In nieuwe tuinbouwgebieden klimaatneutraal en 75% hergebruik water;
- 30% energiebesparing;
- Gebruik duurzame energie 30%;
- Hergebruik 75% reststoffen en afval;
- Nul emissie gewasbeschermingsmiddelen.

"Water is niet het grootste vraagstuk, focus op warmte en CO_2"

5

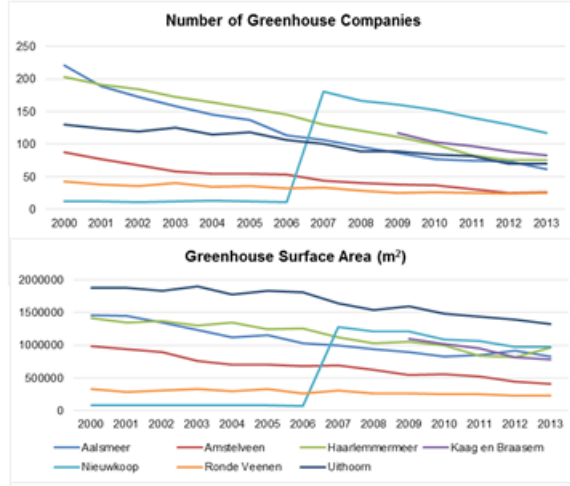
Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

"De vraag naar bloemen zal blijven bestaan"

6

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Opgave



7

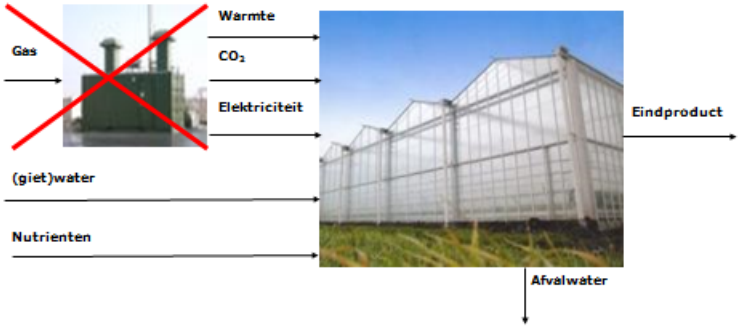
Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

"Greenport Aalsmeer moet een duurzaam merk worden, dat herkend wordt in de wereld als duurzaam geproduceerde bloemen"

8

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Analyse

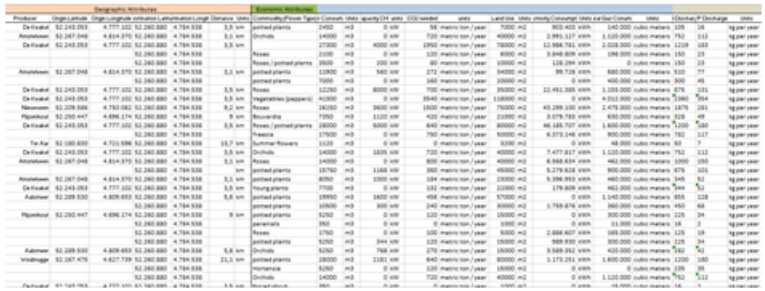


9

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Werkwijze

- 21 interviews met stakeholders
- Data verzameling van de verbruiksgegevens op clusterniveau



10

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Waar praten we over?

Bruto 4.500 kton CO_2 uitstoot voor Greenport Aalsmeer

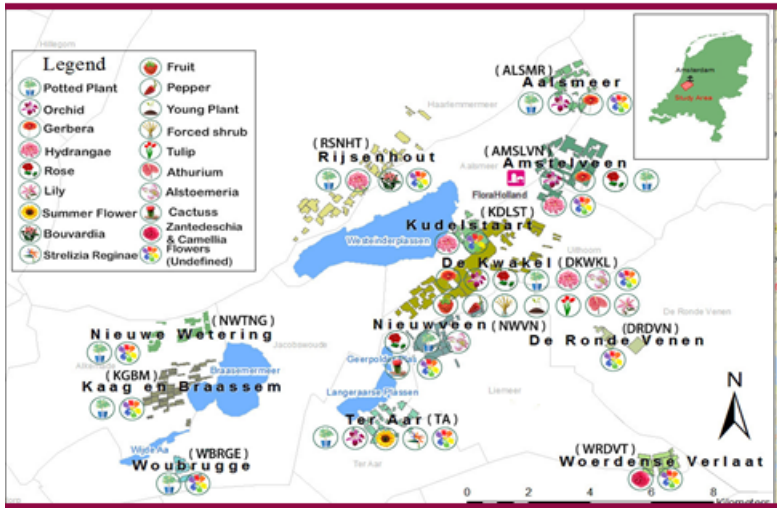
- **900.000 huishoudens**
- **12.231 hectare zonnepanelen**

Netto 563 kton CO_2 uitstoot voor Greenport Aalsmeer

"30% van mijn exploitatie gaat naar energiekosten"

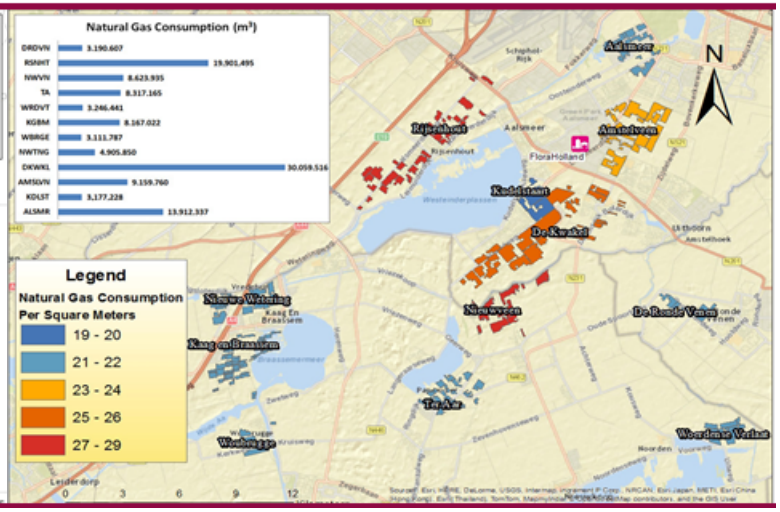
11

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives



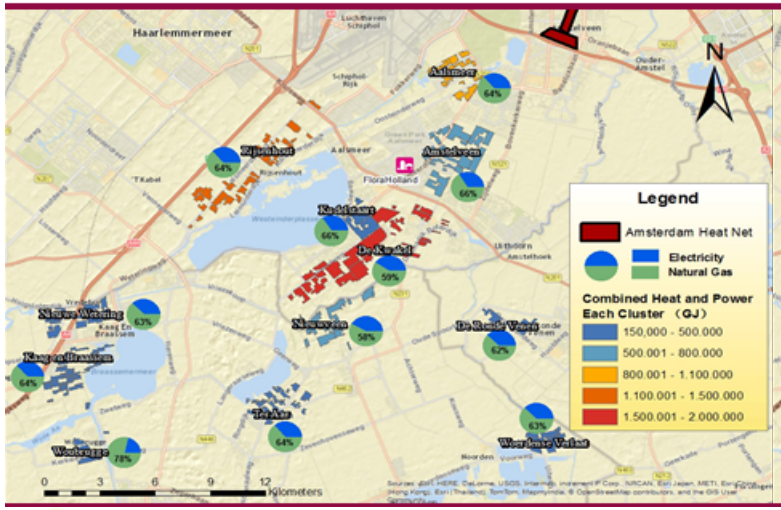
12

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives



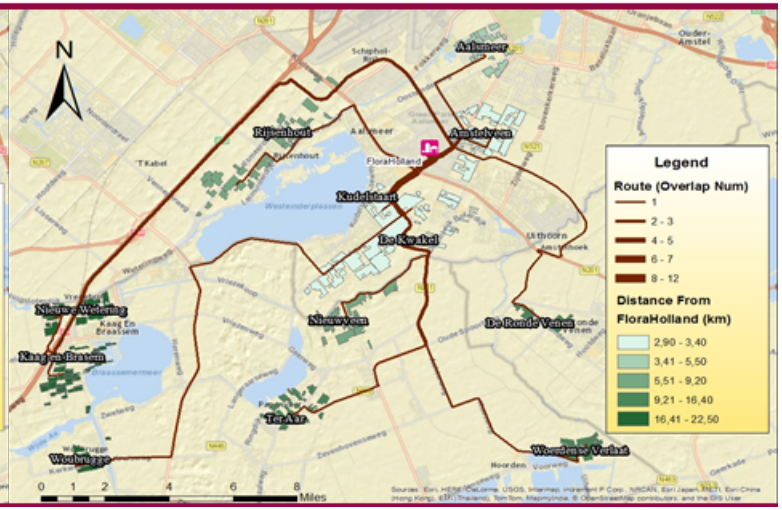
13

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives



14

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives



15

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Warmtenet

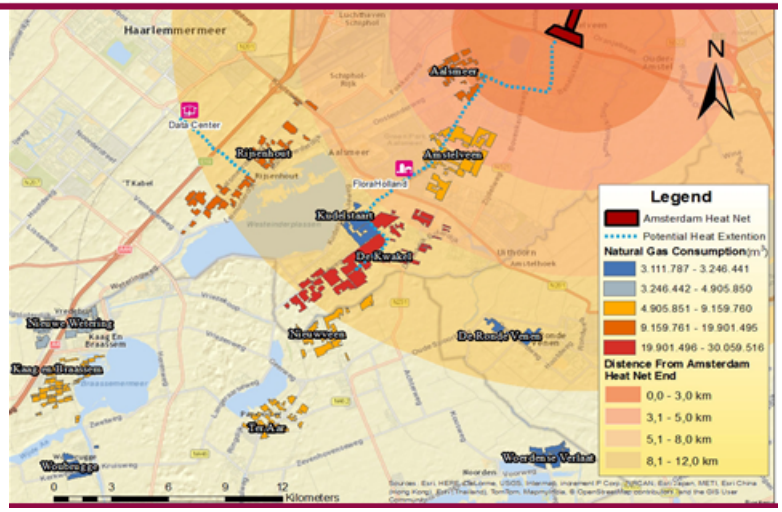
- Mogelijkheden aansluiting glastuinbouwgebied aan warmtenet Amsterdam
- Amstelveen is nu gekoppeld aan NUON centrale in Diemen met mogelijkheid voor verbinding naar Glastuinbouw Aalsmeer
- Totaal 2 PJ beschikbaar per jaar

"Er is meer dan voldoende warmte aanbod in Amsterdam"

Bron: Eindrapport Warmteprogramma MRA

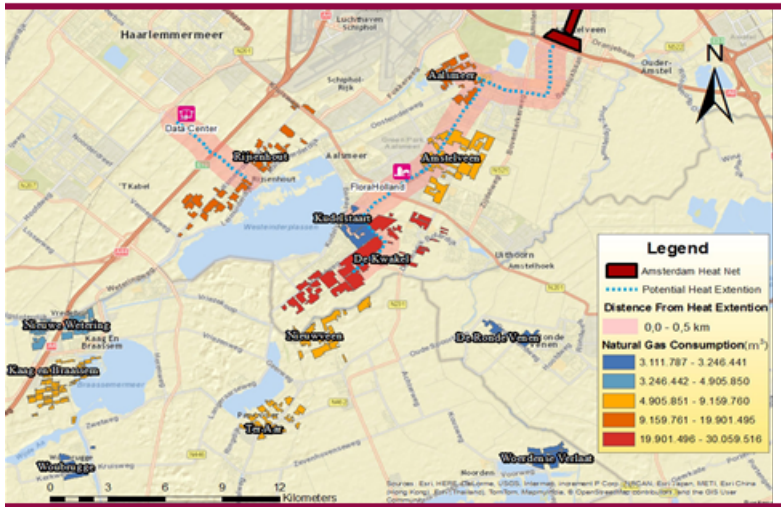
16

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives



17

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

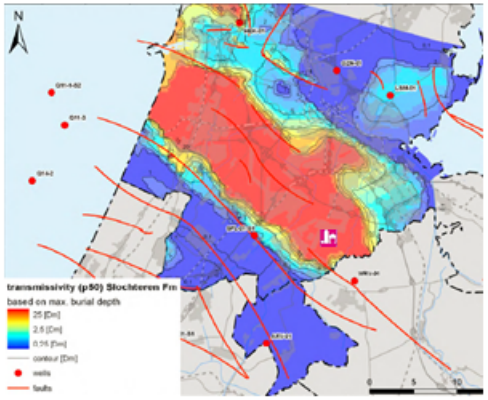


18

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

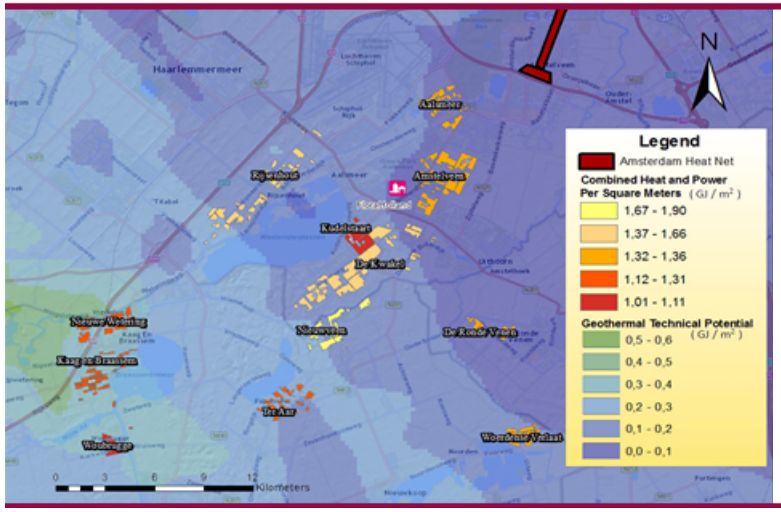
Geothermie

- Heel veel discussie rondom potentie aardwarmte
- Vergunningen zijn verleend in de regio
- Potentie = temperatuur + transmissiviteit



19

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives



20

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

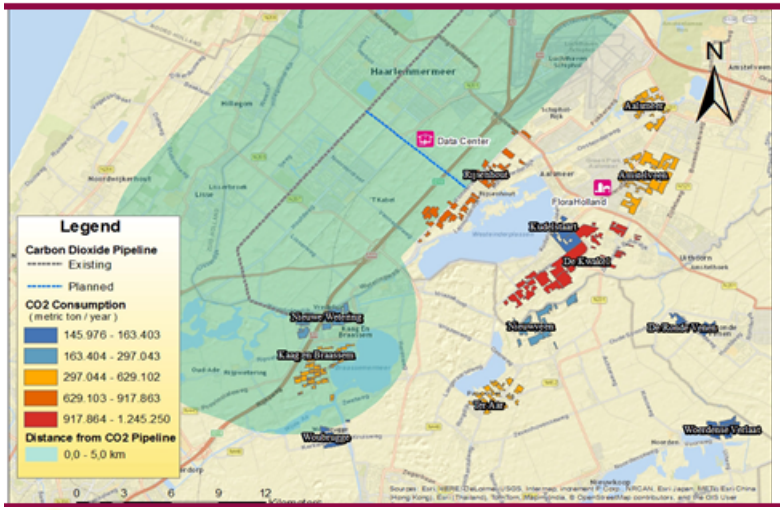
CO_2 leiding

- Shell in Pernis kan PrimaA4a voorzien van zuivere CO_2
- In de toekomst ook verdere aansluiting Greenport mogelijk met afvang CO_2 door AEB
- 24.000 ton CO_2 per jaar

Bron: OCAP

21

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives



22

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Biomassa

- De Kwakel (0,2 MW)
- De Meerlanden (3 miljoen m3 groengas/jaar)
- Potentie: 200 TJ/jaar
- Waarde hiërarchie?

Bron: www.b-i-o.nl

23

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Belangrijkste conclusies

- De vraag naar bloemen blijft bestaan en zal wereldwijd groeien
- Marktpositie voor sierteeltsector Greenport Aalsmeer kan floreren als het zich kan blijven onderscheiden op kwaliteit en duurzaamheid.
- Elk cluster heeft duurzaamheidspotenties, de een is alleen potentierijker dan de ander
- Clustering en intensivering is noodzakelijk voor succes
- Water- en nutriëntenstromen zijn vooralsnog geen aandachtspunten
- Continue innovatie naar hogere kwaliteit en duurzaamheid is nodig.

24

Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Aanbevelingen

- Benader duurzaamheid integraal, niet alleen projecten en ideeën
- Duurzaamheid is breder dan energie
- Er is behoefte aan een pragmatische aanpak
- Duurzaamheidsmakelaar als verbinder, coördinator en stimulator
- Zet in op de gemeenschap

"Kom uit de kas, repareer het dak in de zomer"

Duurzaamheidsmakelaar

Cluster	Amsterdam Heat Net	Data Park	OCAP Pipeline	Geothermal Energy	Decentralized Options
Aalsmeer	✓			✓	✓
Kudelstaart	✓		✓		✓
Amstelveen	✓			✓	✓
De Kwakel	✓		✓		✓
Nieuwe Wetering			✓	✓	✓
Woubrugge				✓	✓
Kaag en Brasem			✓	✓	✓
Woerdense Verlaat					
Ter Aar					✓
Nieuwveen	✓		✓		✓
Rijsenhout		✓	✓	✓	✓

"Greenport Aalsmeer kan meer sturend worden"

ASU Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives

Vragen?

"Duurzame Greenports in de Randstad is een wereldkans"

[redacted]

19 november 2014

CO_2-transportsysteem Noord-Holland

Systeemontwerp en kostprijsberekening

Versie	1.1
Datum	04-02-2015
Opdrachtgever	Alliander Duurzame Gebiedsontwikkeling ([redacted])
Opdrachtnemer	Liandon ([redacted])
Auteur(s)	[redacted] in samenwerking met DNV·GL

Samenvatting

Op 10 juni 2014 is de Green Deal ‘CO_2-voorziening Glastuinbouw Noord-Holland’ ondertekend door 15 partijen. Het doel van de Green Deal is het realiseren van een CO_2-transportsysteem voor de distributie van CO_2 naar glastuinbouwbedrijven in Noord-Holland. Hiervoor is een onderzoek gestart waarvan de resultaten in dit rapport zijn vastgelegd.

Aanleiding voor dit onderzoek is dat de tuinbouwsector en de provincie Noord-Holland deze bedrijfstak willen verduurzamen. Deze verduurzaming kan leiden tot een positief imago en vestigingsklimaat waardoor de sector kan groeien. Deze verduurzaming kan bereikt worden door de eigen CO_2-productie te verminderen. In de glastuinbouw wordt CO_2-bemesting toegepast om de groei van de teelten te bevorderen. Deze CO_2 wordt veelal zelf geproduceerd op basis van aardgas in een ketel of een WKK-installatie (warmte kracht koppeling). Door deze CO_2 van een externe bron te betrekken kan de CO_2-productie flink gereduceerd worden, tot wel 374 ton CO_2 per ha per jaar (exclusief neveneffecten zoals het energieverbruik voor de afvang en het transport).

Dit onderzoek richt zich op een eerste technisch ontwerp en economische doorrekening van een CO_2-transportsysteem in Noord-Holland. Hierbij is specifieke aandacht voor de tracékeuze en de dimensionering van het hoofdtransportnet. Voor de afvang van CO_2 aan het begin van de transportketen is gebruik gemaakt van beschikbare informatie (Huibers et al. (2013)). In het systeemontwerp zijn de volgende criteria meegenomen:

- Jaarvolume CO_2
- Afstand tussen bron en afnemer
- Tracé en veiligheid
- Productie- en afnameprofielen
- Leverings- en afnamezekerheid
- Kwaliteit van de CO_2
- Kostprijs van de CO_2
- Complexiteit van het transportsysteem
- Ontwikkelmogelijkheden van het transportsysteem
- Oorsprong van de CO_2

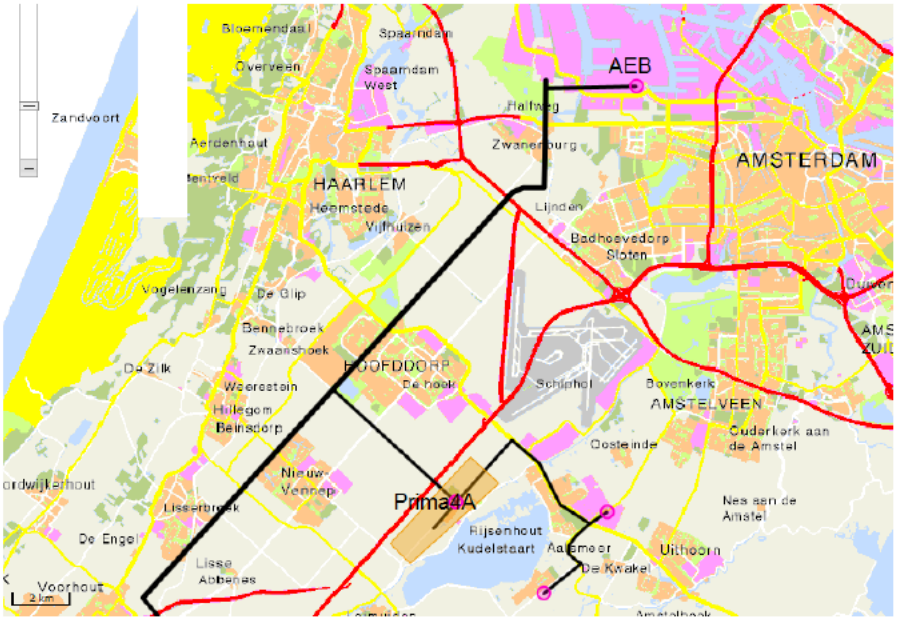
Bij aanvang van het onderzoek zijn de mogelijke CO_2-bronnen en -afnemers in Noord-Holland in kaart gebracht. De CO_2-bronnen die het meest geschikt zijn voor de afvang en levering van de benodigde hoeveelheden CO_2 voor de glastuinbouw zijn de afvalverbrandingsinstallaties AEB te Amsterdam, HVC te Alkmaar en Tata Steel te IJmuiden. Deze bronnen produceren vrij continu voldoende CO_2 die ingezet kan worden voor levering aan kassen. De potentiele CO_2-afnemers zijn de tuinbouwconcentratiegebieden ten noorden en ten zuiden van Amsterdam. In deze tuinbouwconcentratiegebieden is een grote, geconcentreerde vraag naar CO_2. Door de geconcentreerde vraag en de benodigde volumes CO_2 kan het interessant zijn om hiervoor een CO_2-transportsysteem te ontwikkelen.

Alvorens een transportsysteem te ontwerpen is onderzocht of er bestaande leidingen gebruikt kunnen worden voor CO_2-transport. Uit onderzoek blijkt dat enkel hoge druk gasleidingen (Gasunie) en olieleidingen (Defensie) geschikt zijn voor CO_2-transport vanwege de benodigde werkdruk (17-22 bar). Er is hierbij gekeken naar in gebruik zijnde leidingen die vrij gemaakt kunnen worden. Ook is er gekeken naar niet meer in gebruik zijnde leidingen (weesleidingen). Er blijken echter geen in gebruik zijnde leidingen vrijgemaakt te kunnen worden omdat dit de bedrijfsvoering in gevaar brengt en omdat dit technisch zeer moeilijk uitvoerbaar is. Ook zijn er geen geschikte weesleidingen beschikbaar in het beoogde gebied. Er wordt daarom een nieuw leidingnet ontworpen.

Om globaal in te schatten of er een competitieve business case zal ontstaan is een vergelijking gemaakt met de OCAP prijs (€38-€72 per ton CO_2, afhankelijk van afname Prijspeil uit 2010; Europese Commissie, 2010) en/of vloeibare CO_2-levering (€70-€110 per ton CO_2, afhankelijk van transportafstand en afname).

Bij de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem wordt er onderscheid gemaakt tussen een CO_2-bronnen en -afnemers ten noorden van Amsterdam en CO_2-bronnen en -afnemers ten zuiden van Amsterdam. Deze verdeling is gemaakt op basis van de geografische ligging en de beschikbare en benodigde volumes CO_2.

Voor het gebied ten zuiden van Amsterdam (scenario 1) is een leidingsysteem ontworpen dat uit twee segmenten bestaat (Figuur 0-1). Enerzijds wordt AEB als CO_2-bron met een 2,3 km lange pijpleiding verbonden met het bestaande OCAP-netwerk. Anderzijds worden de tuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid via een leidingsysteem van in totaal 18,5 km met het OCAP-netwerk verbonden. Bij het dimensioneren van het transportsysteem is uitgegaan van de maximale CO_2-vraag bij een volledig ontwikkeld tuinbouwgebied van 216 ton CO_2 per jaar. De investeringskosten voor compressie en het leidingsysteem (AEB–OCAP) bedragen respectievelijk €2 miljoen en € 1 miljoen met een resulterende indicatieve prijs van €10 per ton CO_2. De afvangkosten bedragen €60 per ton CO_2 (Huibers et al. (2013)). Voor het aansluiten van Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid op het OCAP-netwerk is een investering benodigd van €16 miljoen met een resulterende kostprijs van €11 per ton CO_2. De totale prijs voor afvang, compressie en transport van AEB naar de tuinbouwgebieden bedragen daarmee €81 per ton op basis van de maximale vraag van 216 ton CO_2 per jaar. Dit zijn kostprijzen waarbij er nog rekening gehouden dient te worden met een marge voor commerciële bedrijfsvoering. Binnen deze prijs zijn de afvangkosten het grootst. Vooral de aansluiting van de tuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid met een kostprijs van €11 per ton is waardevol om nader te onderzoeken. Figuur 0-1 geeft een weergave van het beoogde tracé voor aansluiting van AEB en de tuinbouwgebieden binnen scenario 1. Tabel 1 geeft de resultaten van scenario 1.

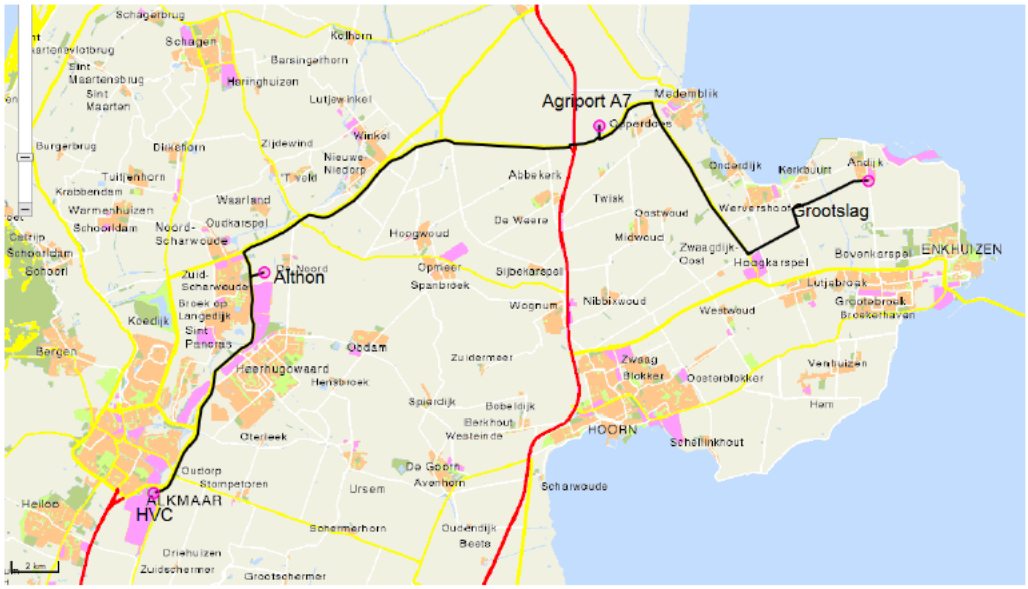


Figuur 0-1 Weergave van het tracé ten zuiden van Amsterdam (Scenario 1)

Scenario 1: AEB – OCAP – Prima4A – Aalsmeer-Oost – Aalsmeer-Zuid		
Totaal volume CO_2	216	Ton/jaar
Investeringskosten compressor	2	M€
Investeringskosten AEB - OCAP (leiding)	1	M€
Investeringskosten OCAP-tuinders (leiding)	16	M€
Totale investeringskosten	***19***	***M€***
Kosten afvang	60	€/ton
Kosten transport AEB-OCAP incl. compressie	10	€/ton
Kosten transport OCAP-tuinders	11	€/ton
Totale Kosten per ton CO_2	***81***	***€/ton***

Tabel 1 Overzicht scenario 1: AEB – OCAP – Prima4A – Aalsmeer-Oost – Aalsmeer-Zuid

Voor het gebied ten noorden van Amsterdam (scenario 2) is een transportsysteem ontworpen dat HVC als CO_2-bron met een pijpleiding verbindt met de tuinbouwgebieden Alton, Agriport en Grootslag (Figuur 0-2). Hiervoor wordt een pijpleiding van 47 km voorzien. Bij de dimensionering van het transportsysteem wordt uitgegaan van de maximale vraag van het volledig ontwikkelde tuinbouwgebied van 272 kton CO_2 per jaar. De investeringskosten voor compressie en het leidingsysteem bedragen respectievelijk €11 miljoen en € 33 miljoen met een resulterende prijs van €50 per ton CO_2. De afvangkosten bedragen €60 per ton CO_2 (Huibers et al. (2013)). Dit resulteert in een totale prijs van €110 per ton CO_2. Daarmee lijkt het afvangen en transporteren van CO_2 vanuit HVC naar de tuinbouwgebieden Alton, Agriport en Grootslag nog geen goede business case op te leveren. Dit komt zowel door de hoge afvangkosten als de hoge transportkosten. Ook hier geldt dat dit de kostprijzen zijn exclusief de benodigde marges voor commerciële bedrijfsvoering. Lokale ondernemers geven hierbij aan te zoeken naar CO_2 producerende bedrijven die zich in de tuinbouwgebieden willen vestigen. Naast het reduceren van de transportkosten voor CO_2-levering kan er mogelijk ook een integratie plaatsvinden op het gebied van warmte en elektriciteit. Figuur 0-2 geeft een weergave van het beoogde tracé voor aansluiting van HVC en de tuinbouwgebieden binnen scenario 2. Tabel 1 geeft de resultaten van scenario 2.



Figuur 0-2 Weergave van het transportsysteem ten noorden van Amsterdam (Scenario 2)

Scenario 2: HVC – Alton – Agriport – Grootslag		
Totaal volume CO_2	272	Ton/jaar
Investeringskosten compressor	11	M€
Investeringskosten HVC-tuinders (leiding)	33	M€
Totale investeringskosten	***44***	***M€***
Kosten afvang	60	€/ton
Kosten transport HVC-tuinders	50	€/ton
Kosten per ton CO_2	**110**	**€/ton**

Tabel 2 Overzicht scenario 2: HVC – Alton – Agriport – Grootslag

Voor het scenario ten noorden en ten zuiden van Amsterdam zijn de voornaamste barrières in kaart gebracht. Voor beide gebieden geldt dat er verschillende waterwegen en verkeerswegen gekruist moeten worden. Naast deze planologische hindernissen vormen vooral de veiligheidsafstanden in bebouwd gebied en de publieke opinie een risico voor de realisatie van deze CO_2 transportsystemen. Ook de verschillende taken en rollen voor de realisatie en het bedrijven van een CO_2 transportsysteem zijn geïdentificeerd. Alliander kan bij de realisatie en het beheer van dit nieuwe transportsysteem de rol van netbeheerder vervullen.

De directe toename van de werkgelegenheid door de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem zit vooral in de realisatie en in het beheer van dit CO_2-transportsysteem. De indirecte werkgelegenheidseffecten door de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem kunnen groot zijn. Dit komt vooral door het positieve imago en vestigingsklimaat voor tuinders waardoor deze sector kan groeien. Deze structurele toename van de werkgelegenheid is niet nader gekwantificeerd in deze studie.

Economisch gezien is het aan te bevelen de initiatiefase in te gaan voor aansluiting van de tuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid op het OCAP-netwerk. Er dient hierbij onder andere aandacht besteed te worden aan een begrotingsplanning, de te hanteren veiligheidsafstanden en de publieke opinie. Ook het op economische wijze beschikbaar krijgen van voldoende CO_2 voor levering aan dit gebied verdient aandacht. Dit kan door afvang en transport van CO_2 vanuit AEB. Als alternatief zou afvang en transport vanuit Tata Steel onderzocht kunnen worden. Door de hoge afvang- en transportkosten lijkt de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem vanuit HVC naar de tuinbouwgebieden Alton, Agriport en Grootslag nog niet rendabel. Om deze tuinbouwgebieden van een goede alternatieve CO_2-bron te voorzien kan in samenspraak met de sector gezocht worden naar CO_2 producerende bedrijven die zich daar willen vestigen. Hierbij dient er gekeken te worden naar de geïntegreerde CO_2-, warmte- en elektriciteitsbehoefte.

Inhoudsopgave

Samenvatting **1**

1 Inleiding **8**

1.1 Green Deal 8

1.2 Projectvoorstel “Inzet industriële rest-CO_2 voor tuinbouw in Noord-Holland” 9

1.3 Leeswijzer 10

2 Potentiele partners, functionaliteiten en ontwerpcriteria CO_2-transport **11**

2.1 Identificatie van potentiele partners CO_2-transport 11

2.2 Identificatie van benodigde functionaliteiten 13

2.3 Ontwerpcriteria voor het CO_2-transportsysteem 14

2.4 Discussie 15

3 Overzicht potentiele CO_2-bronnen, -afnemers en -transportroutes **16**

3.1 Potentiele CO_2 bronnen 16

3.2 Potentiele CO_2 afnemers 19

3.3 Bestaande transportmogelijkheden 20

3.4 Conclusies 24

4 Scenariokeuze en tracébepaling **25**

4.1 Scenariokeuze 25

4.2 Scenario 1: Prima4A 25

4.3 Scenario 2: De glasdriehoek 26

4.4 Barrieres 27

4.5 Rolverdeling 27

4.6 Conclusie 28

5 Scenario doorrekening **29**

5.1 Scenario 1: Prima4A 30

5.2 Scenario 2: de glasdriehoek 32

5.3 Analyse afvangcentrale en buffercapaciteit leidingsysteem 36

5.4 Samenvatting scenario berekening 38

5.5 Business case 39

5.6 Discussie 40

5.7 Conclusie 40

6 Globale analyse van de effecten van het project op CO_2-emissies **41**

6.1 Methode 41

6.2 CO_2-besparing door vermeden aardgasverbruik 41

6.3 Werkgelegenheid door CO_2-transport 42

6.4 Conclusie 44

7 Hoofdconclusies **45**

8 Discussie **46**

9 Aanbeveling **47**

10 Literatuurlijst en overige referenties **48**

Bijlage 1: Identificatie functionaliteiten & ontwerpcriteria **49**

Bijlage 2: Achtergronden bij CO_2-bronnen en -sinks **53**

Bijlage 3: Identificatie bestaande transportleidingen **57**

Bijlage 4: Mogelijke belemmeringen en oplossingsrichtingen **59**

Bijlage 5: Systeemontwerp & scenario ontwikkeling **63**

Bijlage 6: Achtergronden bij reguleringskader **66**

Bijlage 7: Draaiboek ontwerpfase **71**

Lijst figuren en tabellen

Figuur 0-1 Weergave van het tracé ten zuiden van Amsterdam (Scenario 1) 2
Figuur 0-2 Weergave van het transportsysteem ten noorden van Amsterdam (Scenario 2) 3
Figuur 2-1: Benodigde functionaliteiten voor een CO_2 transportketen. 14
Figuur 3-1: Locatie van CO_2-bronnen in Noord-Holland 17
Figuur 3-2: Overzicht van groene CO_2-bronnen in Noord-Holland. 18
Figuur 3-3: Indeling glastuinontwikkelingsgebied Prima4A. 20
Figuur 3-4: 8 Bar(o) gastransportnet Alliander van Noord-Holland Noord. 21
Figuur 3-5: Gaskaart Liander Noord-Holland Zuid. 22
Figuur 3-6 Overzicht van in gebruik zijnde DPO-leidingen en DPO-weesleidingen. 22
Figuur 3-7 Schematisch overzicht van in gebruik zijnde DPO-leidingen. 23
Figuur 3-8 Gasunie weesleiding (leiding is Ø400 en 5.200 meter lang). 23
Figuur 4-1: Scenario 1, aansluiten Prima4A op OCAP leiding 26
Figuur 4-2: tracé CO_2-transportleiding Scenario 2 26
Figuur 5-1: Schema Prima4A scenario inc. benodigde leidinglengtes. 30
Figuur 5-2: Schema van scenario 1 voor 'hybride case'. 32
Figuur 5-3: Schema van scenario 1 voor 'maximale case' 32
Figuur 5-4: Schematische weergave van scenario 2. 33
Figuur 5-5: Scenario 2 'hybride case'. 35
Figuur 5-6: Scenario 2 'maximale case'. 36
Figuur 5-7: Geoptimaliseerd verloop CO_2-vraag, -aanbod en –buffer zomerdag. 37
Figuur 6-1: Indicatieve CO_2- en warmtevraag van een kassencomplex gedurende één jaar. 41
Figuur 1-1: Benodigde functionaliteiten voor een CO_2 transportketen. 49
Figuur 3-1: Weesleidingen en verwachte saneringstracés PWN. 57
Figuur 3-2 Leidingnet Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. 58
Figuur 4-1 Schematische weergave van het tracé AEB – OCAP. 59
Figuur 4-2 een close-up van de s102, de spoorbrug en de 'leidingstraat' 59
Figuur 4-3 Uitbreiding van OCAP naar Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid 60
Figuur 5-1 Schematische weergave van scenario 1, ... 63
Figuur 6-1 Indicatieve verdeling tariefstructuur voor tuinders. 69

Tabel 1 Overzicht scenario 1: AEB – OCAP – Prima4A – Aalsmeer-Oost – Aalsmeer-Zuid 3
Tabel 2 Overzicht scenario 2: HVC – Alton – Agriport – Grootslag 4
Tabel 3: Overzicht van CO_2-bronnen. 16
Tabel 4: Overzicht van groene CO_2-bronnen behorende bij Figuur 3-2..... 19
Tabel 5: Kostenopbouw aansluiting AEB op OCAP. 30
Tabel 6: Resultaten aansluiting Prima4A, Aalsmeer-Oost en Zuid op OCAP. 31
Tabel 7: Totale kosten per ton CO_2 voor scenario 1. 31
Tabel 8: Kengetallen optimalisatie van scenario 2. 34
Tabel 9: Optimalisatie aansluiting ‘hybride’ case. 34
Tabel 10: Optimalisatie aansluiting ‘maximale’ case. 35
Tabel 11: Totale kosten per ton CO_2 voor scenario 2. 35
Tabel 12: Overzicht kostprijs per ton CO_2 voor het realiseren van de scenario's. 38
Tabel 13: Aardgasinzet en CO_2-emissies voor de referentiecase en externe levering van CO_2 42
Tabel 14: Investerings- en operationele kosten realisatie maximale case Scenario 2. 43
Tabel 15 Typische samenstellingen van verschillende (rook)gassen. 54
Tabel 16 Indicatieve samenstellingen van afgevangen CO_2-stromen 55
Tabel 17 Verwachte groei in glastuin oppervlak en CO_2 behoefte..... 56
Tabel 18 Kengetallen voor scenario 1 optimalisatie bepaald op basis van beschreven methodiek. 65
Tabel 19 Kostenopbouw afvanginstallatie voor AEB volgens Huibers et al. (2013). 65
Tabel 20 Indicatieve range voor de prijsopbouw van te leveren CO_2 aan tuinders 69

1 Inleiding

Het toevoegen van CO_2 aan de atmosfeer in kassen stimuleert de groei van gewassen. Momenteel wordt de benodigde CO_2 in kassen veelal ter plaatse geproduceerd in ketels of WKK-installaties. De warmte die hierbij vrijkomt wordt gebruikt om de kassen op temperatuur te houden. Echter ook op momenten dat er geen warmtevraag is dienen deze installaties ingezet te worden om CO_2 te produceren. Dit is een onwenselijke situatie aangezien veel energie verloren gaat in de vorm van restwarmte. Het is echter ook mogelijk om de CO_2-vraag van tuinders in te vullen met CO_2 van grote emitters. Door gebruik te maken van deze externe bronnen hoeven de tuinders zelf minder CO_2 te produceren, en kunnen zij energie besparen.

Wanneer de CO_2-vraag van tuinders wordt ingevuld met CO_2 van grote emitters, dan ligt een uitbreiding van het energiesysteem naar het gebruik van aardwarmte of vormen van restwarmte voor de hand. Dit resulteert in energiebesparing en een grotere afzetmarkt voor CO_2. De combinatie van de inzet van aardwarmte of vormen van restwarmte en CO_2 biedt de glastuinbouw de mogelijkheid om fors minder CO_2 uit te stoten.

Het gebruik van CO_2 van grote emitters in kassen gebeurt al op diverse plaatsen in Nederland. Het CO_2 wordt daarbij vervoerd naar de kassen via een pijpleidingsysteem. Als netwerkbedrijf wil Alliander de energietransitie faciliteren en is daarmee geïnteresseerd in een rol in CO_2-transport en –distributie. Daarom heeft Alliander in het voorjaar van 2013 het projectvoorstel "*Inzet industriële rest-CO_2 voor tuinbouw in Noord-Holland"* bij Provinciale Staten Noord-Holland ingediend. Het projectvoorstel is ingediend in het kader van het programma "*Motie Duurzame Economie*", en sluit aan bij het "*Stappenplan CO_2-voorziening glastuinbouw Noord-Holland*".

1.1 Green Deal

Op 10 juni 2014 is de Green Deal 'CO_2-voorziening Glastuinbouw Noord-Holland' ondertekend door 15 partijen. Het doel van de Green Deal is het realiseren van een bron voor kwalitatief goede CO_2 (uit rookgassen) en een leidingnetwerk voor de distributie van CO_2 naar glastuinbouwbedrijven in Noord-Holland dat economisch rendabel is. Daartoe werken partijen samen waarbij zij zich richten op het vervullen van de voorwaarden en de te zetten stappen voor zowel het uitwerken van het netwerk voor CO_2-transport, als het ontwikkelen van een manier om CO_2 uit rookgassen te filteren. De 15 partijen die de Green Deal hebben ondertekend zijn:

1. Ministerie van Economische Zaken
2. Ministerie van Infrastructuur & Milieu
3. OCAP
4. AEB
5. Alliander
6. Provincie Noord-Holland
7. Greenport Aalsmeer
8. GreenPort Noord-Holland Noord
9. HVC
10. LTO Noord Glaskracht
11. Gemeente Haarlemmermeer
12. Amsterdam Economic Board
13. Energy Valley
14. Ontwikkelingsbedrijf NHN.
15. SGN Rijsenhout

Met deze Green Deal spreken provinciale, regionale en landelijke overheden, tuinbouworganisaties en industriële bedrijven af dat zij zich tot het uiterste zullen inspannen om ervoor te zorgen dat glastuinbouwbedrijven op termijn kunnen beschikken over kwalitatief goede CO_2 tegen een gunstige prijs. De CO_2 is afkomstig uit industriële rookgassen uit de regio.

Deze Green Deal draagt bij aan het bereiken van de nationale doelstellingen voor energiebesparing en emissiereductie van CO_2. CO_2, ook wel groen groeigas genoemd, is onmisbaar voor de groei en productieverhoging van de planten in de glastuinbouw en wordt nu vooral verkregen als 'bijproduct' van een aardgasgestookte ketel of WKK.

Het bijzondere van deze Green Deal is dat het gaat om een nieuw soort netwerk voor Alliander: het transport van CO_2. Er is in Nederland nog maar één zo'n netwerk, en dat is in particuliere handen. Deze Green Deal beoogt een publiek netwerk, dat in beheer van Alliander komt. De eerste stap is dat Alliander gaat onderzoeken in hoeverre zij bestaande leidingen kan gebruiken voor CO_2-transport naar de glastuinbouwbedrijven, zodat de kosten daarvan beperkt kunnen worden. Mocht dit niet tot de mogelijkheden behoren dan wordt ook gekeken naar de mogelijkheden voor de aanleg van een nieuw transport- en distributienet.

In de Green Deal hebben partijen samen een stappenplan opgesteld om gefaseerd te komen tot externe CO_2-voorziening voor de glastuinbouw in Noord-Holland. Dit stappenplan vormt de basis voor de uitvoering van hun afspraken in deze Green Deal. Om te komen tot een mogelijk tracé van het CO_2-distributienet voert Alliander een haalbaarheidsstudie uit zoals opgenomen in het projectvoorstel "*Inzet industriële rest-CO_2 voor tuinbouw in Noord-Holland".* Dit projectplan is gericht op de realisatie van een transportketen waarin CO_2 van een nader te identificeren bron in Noord-Holland via een pijpleidingsysteem aan nog te selecteren tuinders wordt geleverd, die deze CO_2 als grondstof gaan gebruiken voor de teelt. Deze transportketen draagt ten eerste bij aan de reductie van de uitstoot van CO_2 en daarnaast aan de economische ontwikkeling van de provincie.

Het voorstel van Alliander is door Provinciale Staten Noord-Holland geselecteerd, en de eerste fase, de zgn. "Vaststellingsfase" is in uitvoering gegeven. DNV·GL ondersteunt Alliander in de uitvoering van de Vaststellingsfase. Het voorliggende rapport is de uitwerking van de zogenoemde 'Vaststellingsfase'.

1.2 Projectvoorstel "Inzet industriële rest-CO_2 voor tuinbouw in Noord-Holland"

In het projectvoorstel zijn drie fases gedefinieerd. Dit voorliggende rapport betreft de uitwerking van de eerste fase "Vaststelling". De tweede fase is de "Ontwerpfase" en de derde fase is de "Implementatiefase". Na iedere fase volgt een beslismoment (go/no go).

De doelstelling van de Vaststellingsfase is het verder definiëren van het project, het identificeren van mogelijke barrières en het ontwikkelen van mitigerende maatregelen, het nader kwantificeren van kosten en baten, en een doorkijk geven naar de fase "Ontwerp". De belangrijkste onderwerpen in deze fase zijn:

- Identificatie van benodigde functionaliteiten en definitie van criteria voor evaluatie
- Source en sink matching: Identificatie en karakterisering van potentiele bronnen en afnemers
- Identificatie van potentiele partners, en oriëntatie t.a.v. hun interesse in projectdeelname
- Identificatie van potentiële transport routes en het transportsysteem (zie onder "Selectie van het transportsysteem")
- Identificatie van barrières en ontwikkeling van oplossingen daarvoor
- Beoordeling van de mogelijke impact van de huidige en voorziene regulering in deze
- Scenario-ontwikkeling t.a.v. : volumes, druk regimes, basis ketenontwerp, routes (planologie), gasspecificaties, etc
- Globale kwantificering van de effecten van het project op de bijdrage aan een duurzame economie, het reduceren van de CO_2-emissie, en het reduceren van het energieverbruik
- Uitwerking van een globaal business plan
- Opzet van een draaiboek voor de fase "Ontwerp".

Daarnaast speelt de selectie van het mogelijke tracé en transportsysteem een cruciale rol in het project met betrekking tot de keuze voor de pijpleiding die nodig is om het CO_2 van de bron naar de afnemers te vervoeren. In dit onderzoek is als uitgangspunt gehanteerd dat een pijpleidingsysteem voor CO_2 in principe op de volgende opties kan zijn gebaseerd:

1. Een bestaande, niet meer in gebruik zijnde gas- of olieleiding;
2. Een in gebruik zijnde aardgasleiding, die gelijktijdig voor het CO_2-transport wordt ingericht;
3. Een momenteel in gebruik zijnde aardgasleiding, die kan worden vrijgemaakt voor CO_2-transport;
4. De aanleg van een nieuwe, dedicated CO_2-leiding.

Voor elk van de vier bovengenoemde opties zal een 'reality check' worden uitgevoerd. Nagegaan is of de opties in principe technisch en economisch levensvatbaar zijn. Daarnaast zijn de condities waaronder deze opties succesvol zouden kunnen zijn en de effecten van de implementatie beoordeeld. De aspecten die hierbij aan de orde komen zijn:

- Operationele randvoorwaardes zoals de volumes en drukregimes;
- Beheersbaarheid en security of supply van het aardgasnet;
- Techniek (inclusief gaskwaliteit);
- Scenario's en economische doorrekening;
- Veiligheid.

In het voorliggende rapport worden deze onderwerpen nader uitgewerkt.

1.3 Leeswijzer

Het rapport wat u hier voor u heeft beschrijft de resultaten van de verschillende genoemde onderwerpen die zijn onderzocht tijdens deze vaststellingsfase. Hierbij is een identificatie uitgevoerd van de benodigde functionaliteiten van een dergelijke CO_2-keten, alsmede de opstelling van criteria die hiervoor nodig zijn in, hoofdstuk 2. Vervolgens heeft een inventarisatie plaatsgevonden van potentiele bronnen en afnemersgebieden in Noord-Holland en zijn de stakeholders in kaart gebracht, hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden mogelijke transportroutes en systemen beschreven, alsmede de mogelijkheden van het gebruik van niet meer in gebruik zijnde leidingen, ook wel weesleidingen genoemd. Aansluitend volgt de keuze voor de meest voor de hand liggen scenario's. In hoofdstuk 5 vindt een eerste doorrekening plaats van de beoogde scenario's. Tijdens het onderzoek is ook globaal gekeken naar de effecten van het project op de CO_2-emissies en werkgelegenheid, deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 6.

2 Potentiele partners, functionaliteiten en ontwerpcriteria CO_2-transport

In dit hoofdstuk gaan we nader in op de partijen die betrokken zijn bij CO_2-transport. Door het sluiten van de Green Deal op 10 juni 2014 hebben 15 partijen zich reeds gecommitteerd aan het tot stand brengen van een duurzame CO_2-voorziening in Noord-Holland. Binnen deze Green Deal zijn veel partijen vertegenwoordigd die belang hebben bij een goede en betrouwbare duurzame CO_2-voorziening. Er zal echter met meerdere partijen en belangengroepen moeten worden samengewerkt om van het transporteren van CO_2 in Noord-Holland een haalbare business case te maken. Hierin is het volgende onderscheid gemaakt naar type belanghebbende:

- Producenten van CO_2
- Afnemers van CO_2
- Exploitanten van CO_2
- Netbeheerders
- Onderhoudspartijen
- Toezichthouders
- Overheden
- Ontwikkelaars

Daarnaast staan we in dit hoofdstuk stil bij de identificatie van de benodigde functionaliteiten en ontwerpcriteria die gelden bij CO_2 transport.

2.1 Identificatie van potentiele partners CO_2-transport

Producenten van CO_2
Om CO_2 te transporteren naar afnemers is er eerst een CO_2-producent benodigd. In hoofdstuk 3 wordt een inventarisatie gepresenteerd van de grootste producenten van CO_2 in Noord-Holland. Elke partij zal hierbij zijn eigen redenen hebben om al dan niet deel te nemen aan een mogelijk CO_2-transport project. Het leidingtracé voor het transport van CO_2 wordt voornamelijk bepaald door de locatie van de bron en de afnemer. Ook omdat er voldoende CO_2 beschikbaar moet zijn is het van belang tijdig de juiste CO_2-producent aan te laten sluiten bij dit initiatief. De belangrijkste hierin zijn AEB, TATA en HVC. Vanwege de lage productie aan CO_2 is het vooralsnog niet zinvol om kleinere producenten van “groene CO_2” mede het tracé te laten bepalen.

Afnemers van CO_2
De locatie van de CO_2-afnemer bepaalt met de CO_2-producent het leidingtracé. De glastuinbouw is de enige potentiele afnemer van CO_2 met een grote vraag naar CO_2 in Noord-Holland. In Noord-Holland zijn diverse clusters te identificeren met een totale oppervlakte van circa 2.000 hectare aan glastuinbouw. Het betreft hier gebieden met hoge ambities t.a.v. duurzaamheid. De gebieden worden voorbereid op de toekomst met als focuspunt een goede infrastructuur voor de levering van energie en CO_2. Het is van belang vertegenwoordigers van deze gebieden in een vroeg stadium aan te laten haken bij de plannen voor CO_2 levering. De grootste clusters zijn:

- Agriport A7 (Medemblik)
- Alton (Heerhugowaard)
- Het Grootslag (Andijk/Wervershoof)
- Greenport Aalsmeer (Aalsmeer)

Naast de grote clusters zijn er verspreid over Noord-Holland nog diverse individuele glastuinders en kleine clusters. Deze locaties zijn echter minder interessant omdat de gevraagde afname niet in verhouding staat tot de benodigde investering voor de aanleg van een transportleiding. Als alternatief kan ook OCAP als afnemer worden gezien. OCAP zit momenteel aan zijn limiet wat betreft beschikbaar CO_2 van hun conventionele bronnen en zal zeker geïnteresseerd zijn naar nieuwe

exploitanten van CO_2 t.b.v. glastuinbouw. Binnen Nederland zijn er enkele partijen die zich met het transporten en exploiteren van schoon CO_2 bezig (willen) houden. Dit zijn mogelijke partijen om te betrekken in de plannen voor CO_2-levering in Noord-Holland.

- **OCAP** levert zuivere CO_2 aan ondernemers in de glastuinbouw in het Westland en rond Zoetermeer en Waddinxveen via het eigen OCAP netwerk. OCAP is actief bezig met het verder ontwikkelen CO_2-transport in Noord-Holland en in de rest van Nederland. OCAP is een samenwerking van samenwerking van Linde gas en VolkerWessels
- **YARA** is de grootste Europese leverancier van kooldioxide en heeft toegang tot vijf van de acht grootste kooldioxide productievestigingen in heel Europa. Yara levert zuiver CO_2 aan de glastuinbouwsector door transport over de weg.

Netbeheerders
Netbeheerders kunnen in het bezit zijn van (verlaten) leidingtracés die wellicht geschikt zijn of gemaakt kunnen worden voor het transport van CO_2. Deze partijen worden benaderd om informatie op te halen over mogelijk beschikbare leidingstukken voor CO_2-transport in Noord-Holland.
Daarnaast hebben de regionale netbeheerders Alliander en Stedin ambities om een rol te pakken in de ontwikkeling en het uitbaten van CO_2-transprotleidingen. Alliander is actief betrokken bij dit onderzoek naar de ontwikkeling van CO_2-transport. In de provincie Noord-Holland zijn verschillende netbeheerders actief. Dit zijn;

- Alliander regionale netbeheerder voor elektriciteit en gas
- Defensie beheerder van landelijke kerosineleidingen.
- Gasunie landelijke hogedruk gasnetbeheerder
- PWN drinkwaterbedrijf
- HHNK Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Onderhoudspartijen
Voor het uitvoeren van onderhoud en het oplossen van storingen en calamiteiten is de samenwerking met een onderhoudspartij van belang. Werken met CO_2 onder hoge druk is specialistisch werk. De onderhoudspartijen moeten daarom gecertificeerd en bevoegd zijn om dit werk uit te voeren.

Toezichthouders
Er zijn verschillende landelijke overheidsorganen met een toezichthoudende taken die van belang zijn voor de ontwikkeling van een CO_2-transportnetwerk. Dit zijn:

- **SodM**; Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) houdt als rijksinspectiedienst toezicht op alle activiteiten rond het opsporen en winnen van delfstoffen. SodM heeft daarbij het toezicht op alle buisleidingen die onder druk staan. Het CO_2-transportsysteem zal daarom onder toezicht komen van de SodM. Centraal daarbij staan veiligheid, gezondheid, milieu, doelmatige winning en bodembeweging.
- **ACM**; de autoriteit consument en markt (ACM) houdt toezicht op de netbeheerders. Netbeheerders hebben een wettelijke taak voor de uitvoering van gereguleerde activiteiten. Netbeheerders kunnen ook niet gereguleerde taken uitvoeren. Deze werkzaamheden worden echter getoetst aan de wet door de ACM.

Overheden
Belangrijke partners zijn de gemeentes, de provincie en de landelijke overheid. De gemeentes hebben een direct belang omdat de bron, het ledingtracé en/of de afnemers zich binnen de gemeente bevinden. Naast positieve werkgelegheidseffecten zullen ook eventuele bezwaren van belanghebbenden op gemeentelijk niveau spelen. Om draagvlak te kunnen krijgen en behouden is het van belang om belanghebbenden in een vroeg stadium te betrekken bij mogelijke plannen omtrent het transporteren van CO_2. Ervaring leert dat de publieke opinie een doorslaggevende rol kan spelen bij het al dan niet doorgaan van een project. Gemeentes hebben hierbij een belangrijke rol in de communicatie met de belanghebbenden. De veiligheid van de inwoners zal hierbij voorop staan. De

regionale en landelijke overheden hebben een belang in het streven naar verduurzaming en werkgelegenheid in de regio.

Voor de ontwikkeling van CO_2 transport in Noord-Holland zijn de volgende overheden van belang:

- Gemeente Amsterdam
- Gemeente Aalsmeer
- Gemeente Hollandse Kroon
- Gemeente Heerhugowaard
- Gemeente Andijk en Wervershoof
- Gemeente Velsen
- Provincie Noord-Holland
- Landelijke overheid

Ontwikkelaars en belangenorganisaties
Er zijn verschillende belangenorganisaties binnen de glastuinbouw en partijen die betrokken zijn bij de ontwikkeling van nieuwe en bestaande glastuinbouwregio's. Deze partijen kunnen van belang zijn in het betrekken van de individuele tuinders in de plannen voor CO_2-levering. De belangrijkste partijen in het kader van dit onderzoek zijn: NoordhollandNoord, GreenPort Noord-Holland Noord, Grontmij, Agriport, Glastuinbouwgebied Het Grootslag, Programmabureau Greenport Aalsmeer, LTO Noord en the Energy Board.

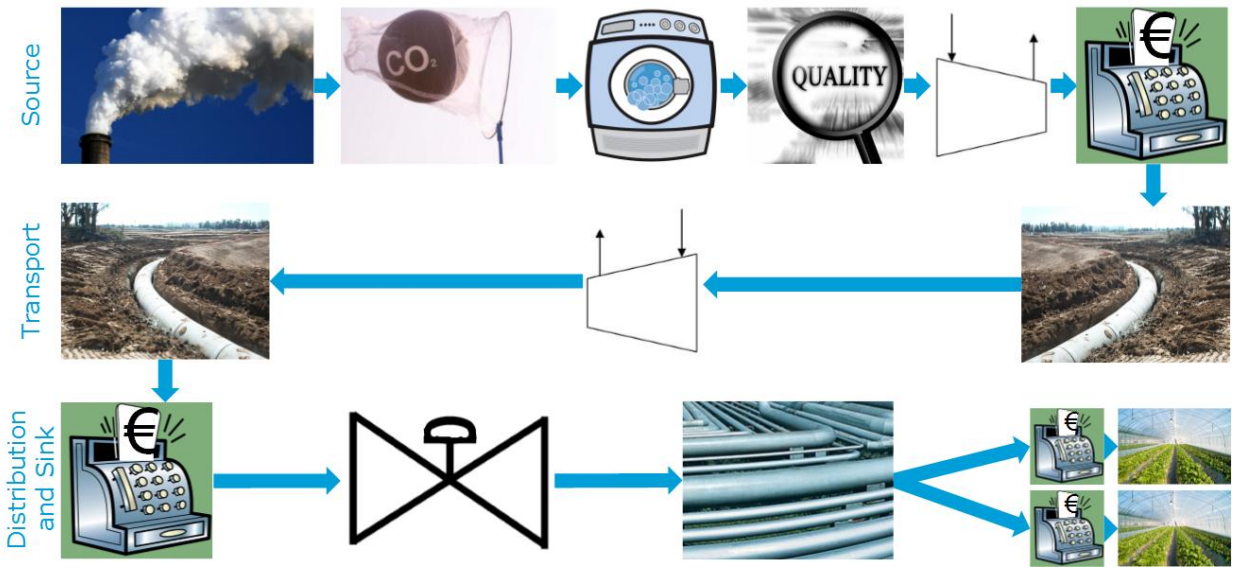
2.2 Identificatie van benodigde functionaliteiten

Alvorens naar mogelijke bronnen en afnemers van CO_2 te kijken is het van belang helder te hebben wat een transportsysteem van CO_2 doet. Welke functionaliteiten zijn er benodigd als we de hele keten beschouwen van de bron tot de afnemer. De keten tussen het proces waarin CO_2 wordt geproduceerd en de afnemer van CO_2, kan in vier logische functionaliteiten worden onderverdeeld:

1. **Afvangst en conditionering**, waarin CO_2 wordt afgescheiden uit het CO_2-productieproces en gereed wordt gemaakt voor transport;
2. **Transport**, het fysiek transporteren van CO_2 van de plaats van productie naar het CO_2-overslag punt (het begin van distributiesysteem);
3. **Distributie en aflevering,** het distribueren van de CO_2 naar en afleveren van de CO_2 aan de individuele eindgebruikers.
4. **Meten en verreken:** het meten en afrekenen van de getransporteerde hoeveelheiden CO_2 bij de producenten en afnemers.

Elk van deze hoofd functionaliteiten kan weer opgedeeld worden in deelfuncties. Zo omvat afvangst en conditionering ook de beschikbaarheid van CO_2 bij de bron, de afvang van CO_2, de opwerking tot de juiste zuiverheid, de kwaliteitscontrole en de compressie. In 'Bijlage 1: Identificatie functionaliteiten & ontwerpcriteria' zijn deze deelfunctionaliteiten nader uitgewerkt en beschreven.

Dit onderzoek richt zich op het transport van CO_2 via een hoofd transportsysteem (functionaliteit 2). Er wordt hierbij uitgegaan van transport via buisleidingen. Mocht uit het onderzoek blijken dat transport via een ander systeem, bijvoorbeeld via de weg, geschikter is dan wordt dit vermeld. Om het transportnet te ontwerpen is informatie benodigd over de andere functionaliteiten. Zo zal er voor de afvang en conditionering gebruik gemaakt worden van de resultaten van het onderzoek naar CO_2-afvang bij AEB (Huibers et al (2013). Ook zal er informatie gebruikt worden van het bestaande OCAP systeem.



Figuur 2-1: Benodigde functionaliteiten voor een CO_2 transportketen.[1]

2.3 Ontwerpcriteria voor het CO_2-transportsysteem

Bij het ontwerpen van het transportsysteem worden ontwerpkeuzes gemaakt. Om tot een geschikt ontwerp te komen worden er ontwerpcriteria vastgesteld die leidend zijn. Bij het ontwerpen van het CO_2-transportsysteem worden de volgende ontwerpcriteria meegenomen.

1. **Jaarvolume CO_2:** het jaarvolume aan beschikbare CO_2 dient minimaal de benodigde vraag te kunnen dekken.
2. **Afstand tussen bron en afnemer:** de afstand tussen de bron en de afnemer dient zo kort mogelijk te zijn rekening houdend met eventuele tussenliggende barrières.
3. **Tracé en veiligheid:** het beoogde tracé dient geschikt te zijn voor de aanleg van het transportsysteem rekening houdend met de benodigde veiligheidsafstanden.
4. **Productie- en afnameprofielen:** de productie van CO_2 bij de bron gedurende het jaar komt zo veel mogelijk overeen met de vraag naar CO_2 gedurende het jaar.
5. **Leverings- en afnamezekerheid**: het beschikbaar komen van CO_2 en de afname van CO_2 wordt zoveel mogelijk zeker gesteld door het productie- en afnameproces.
6. **Kwaliteit van de CO_2**: de kwaliteit van de beschikbare CO_2 bij de bron komt overeen met de minimaal benodigde kwaliteit bij de afnemer.
7. **Kostprijs van de CO_2**: de prijs per ton CO_2 dient idealiter te concurreren met de huidige marktprijzen.
8. **Complexiteit van het transportsysteem**: de CO_2 wordt bij voorkeur gasvormig getransporteerd en niet in vloeibare of superkritische vorm.
9. **Ontwikkelmogelijkheden van het transportsysteem**: toekomstige ontwikkelmogelijkheden van het transportsysteem door bijvoorbeeld aanbieders en afnemers van CO_2 worden meegenomen in het ontwerp.
10. **Oorsprong van de CO_2**: de herkomst van de CO_2 uit groene bronnen kan meerwaarde hebben.

De criteria worden in ‘Bijlage 1: Identificatie functionaliteiten & ontwerpcriteria’ nader toegelicht.

[1] *, van bron (‘source’) tot afnemer (‘sink’). Voor een nadere beschrijving van deze functionaliteiten zie Bijlage 1:*

2.4 Discussie

Binnen dit hoofdstuk zijn de potentiele partners, de benodigde functionaliteiten en ontwerpcriteria bepaald voor een CO_2-transportsysteem in Noord-Holland. De functionaliteiten en ontwerpcriteria worden meegenomen in het te ontwerpen transportsysteem. Aangezien de belangrijkste partners al deelnemen aan de “green deal” en betrokken zijn bij dit onderzoek richt deze studie zich op het ontwerpen en doorrekenen van het CO_2-transportsysteem. Waar nodig worden partijen benaderd voor informatie of deelname aan het onderzoek.

3 Overzicht potentiele CO_2-bronnen, -afnemers en -transportroutes

Voordat er een CO_2-transportsysteem ontworpen kan worden is het zaak inzicht te hebben in potentiele CO_2-bronnen en -afnemers. Ook is het van belang te weten of er bestaande leidingen zijn die mogelijk deels gebruikt kunnen worden binnen het transportsysteem. De informatie over bronnen, afnemer en bestaande leidingen wordt hieronder gepresenteerd.

3.1 Potentiele CO_2 bronnen

Zoals vermeld in paragraaf 2.3 "Ontwerpcriteria voor het CO_2-transportsysteem" dient het jaarvolume beschikbare CO_2 de benodigde vraag te kunnen dekken. Tuinbouwgebieden zijn daarbij interessante afnemers omdat deze een grote CO_2 behoefte hebben. Een tuinbouwgebied heeft al snel een behoefte van 30 - 50. kton CO_2 per jaar. Om aan de vraag van een tuinbouwgebied te kunnen voldoen wordt er daarom gekeken naar bronnen vanaf 50 kton per jaar. Afhankelijk van het proces kunnen kleinere CO_2-bronnen ook geschikt zijn. Het kan bijvoorbeeld waardevol zijn als een kleine CO_2-producent zich dicht bij de CO_2-vraag bevindt. Voor de inventarisatie van potentieel interessante grote CO_2-bronnen is gebruik gemaakt van de CO_2-emissiecijfers die de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) heeft gepubliceerd over de jaren 2012 en 2013 (referentie NEa). De lijst is aangevuld met afvalverbrandingscentrales AEB en HVC. Deze afvalverbrandingscentrales staan niet op de NEa lijst maar stoten wel meer dan 50 kton CO_2 uit per jaar. Grote tuinbouwgebieden die meer dan 50kton per jaar uitstoten zijn niet in de lijst opgenomen. Deze bronnen vertegenwoordigen WKK-installaties ten behoeve van de glastuinbouw. Dit zijn dus potentiele afnemers van het beoogde CO_2-transportsysteem. De resulterende lijst met Noord-Hollandse bronnen met meer dan 50 kton CO_2-emissie per jaar zijn opgenomen in tabel 1 met vermelding van de CO_2-uitstoot in 2012 en 2013.

Emitter	Locatie	CO_2-Emissie [ton/jr]	
		2012	2013
Tata Steel IJmuiden	IJmuiden	5978494	5907619
Nuon Centrale Hemweg	Amsterdam	3574605	4177886
Nuon Power Velsen	Velsen	4507735	3851617
Nuon Power IJmond	IJmuiden	1867643	2014494
AEB Amsterdam	Amsterdam	1500000	1500000
Nuon Centrale Diemen	Diemen	651328	1043709
HVC Alkmaar	Alkmaar	490000	510000
Crown Van Gelder N.V.	Velsen-noord	141729	141965
Tate & Lyle Netherlands B.V.	Koog aan de Zaan	72981	77679
Cargill B.V. Sojafabrieken Amsterdam	Amsterdam	48982	63723
Nuon Hulpwarmtecentrale	Purmerend	114543	29789

Tabel 3: Overzicht van CO_2-bronnen.[2]

Naast de jaarlijkse CO_2-uitstoot van de bronnen is ook de locatie van de bronnen van belang. Uit tabel 1 valt op te maken dat er vooral in IJmuiden en Amsterdam meerdere CO_2 bronnen geclusterd zijn. De CO_2-bronnen uit Tabel 3 staan weergegeven op de kaart in Figuur 3-1.

[2] *Groter dan 50 kton/jr in Noord-Holland, exclusief CO_2-emissies van tuinbouwgebieden (NEa).*

Figuur 3-1: Locatie van CO_2-bronnen in Noord-Holland
met een grotere uitstoot dan 50 kton CO_2 in 2012 of 2013

Cluster IJmuiden

Zoals aangegeven in Figuur 3-1 en Tabel 3 is er een cluster van emitters in en rond IJmuiden met een totale CO_2-emissie van bijna 12 Mton CO_2 in 2013. De emissie wordt vooral veroorzaakt door de staalproductie (TATA Steel, ca. 6.5 Mton/jaar) en de elektriciteitsproductie uit gas (Nuon Power IJmond, 2,0 Mton/jaar en Nuon Power Velsen, 3.8 Mton/jaar). De gasgestookte elektriciteitscentrales draaien op hoogovengas van TATA Steel, aangevuld met aardgas. Het produceren van staal is een continu proces waardoor ook de CO_2-productie behoorlijk gelijkmatig zal verlopen. De gasgestookte elektriciteitscentrales kunnen echter meer flexibel worden ingezet waardoor er ook een grotere variatie in de CO_2-productiecapaciteit ontstaat.

Cluster Amsterdam

In Amsterdam zijn twee grote emitters, namelijk de afvalverbrandingsinstallatie (AEB Amsterdam, 1.5 Mton/jaar) en de Hemwegcentrale (Nuon, ca. 4.7 Mton/jaar). De Nuoncentrale is een gecombineerde gas- en kolencentrale waarbij de kolencentrale een groter vermogen heeft dan het gasgestookte gedeelte. De kolencentrale draait in principe volcontinu. Dit zorgt voor een continue CO_2-productie van ca. 600 ton/uur. Afvalverbrandingscentrales draaien in principe continu en leveren daarmee een continue CO_2-productie.

Alkmaar

Tot slot bevindt zich in Alkmaar nog de HVC-afvalverbrandingscentrale met een emissie van ongeveer 500 kton/jr. Er zijn in 2010 en 2013 plannen bekendgemaakt om CO_2 uit de HVC te leveren aan de glastuinbouwsector. Echter deze zijn vooralsnog niet verwezenlijkt. Voor zover bekend wordt de centrale continue bedreven, al zijn er wel variaties in de CO_2-emissiecapaciteit ten gevolge van de hoeveelheid te verwerken afval.

Groene CO_2 uit biogas

Bij het vergisten van biomassa ontstaat biogas. Dit bestaat voornamelijk uit methaan en CO_2. Bij de opwaardering van het biogas tot aardgaskwaliteit wordt het CO_2 uit het biogas gefilterd. De gekozen methodiek van de onttrekking van CO_2 bepaalt de zuiverheid ervan. Hoe zuiverder het CO_2 hoe waardevoller deze reststroom. Vergistingsinstallaties produceren biogas en daarmee CO_2 in een nagenoeg constante hoeveelheid. Momenteel wordt in de meeste opwerkingsinstallaties dit CO_2 afgeblazen.

Deze groene CO_2 kan echter meerwaarde hebben voor tuinders ten opzichte van CO_2 uit fossiele bronnen. Daarom is van bestaande biogasinstallaties in Noord-Holland geïnventariseerd hoeveel CO_2 deze op jaarbasis produceren. Figuur 3-2 en Tabel 4 geven weer waar groene CO_2-bronnen beschikbaar zijn in Noord-Holland. De aardgas-equivalente productie van de bestaande biogasinstallaties bedraagt maximaal 3 miljoen m^3 per jaar. Uitgaande van een typisch CO_2-gehalte voor biogas van 40-45 vol.% levert dit een jaarvolume van 5 kton CO_2 per jaar. Dit is ruim onder de grens van 50 kton/jr die vooralsnog als ondergrens voor potentieel interessante CO_2-bronnen in deze studie is aangenomen. Daarbij zijn de bronnen ook verspreid beschikbaar. Door de beperkte omvang van het beschikbare volume CO_2 worden deze bronnen niet meegenomen in de ontwikkeling van het transportsysteem. Enkel wanneer een bron van groene CO_2 dicht bij het tracé ligt kan overwogen worden om deze CO_2 te betrekken in het ontwerp.

Het afval dat verbrand wordt door afvalverbrandingscentrales HVC en AEB bestaat voor een deel uit biomassa. De CO_2 uit de rookgassen van deze afvalverbrandingscentrales kan daarom deels als groen beschouwd worden. HVC en AEB worden wel meegenomen voor het bepalen van het CO_2-transportsysteem.

Figuur 3-2: Overzicht van groene CO_2-bronnen in Noord-Holland.

Locatie	Type	Eigenaar	Capaciteit (per uur)	Biogas (per jaar)
Den Helder	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	n.b.	680.000
Wieringerwerf	Co-vergisting	VOF D. E. Waterpark	0,62 MW	n.b.
Middenmeer	GFT/ONF installatie	HVC Group	865 m^3(n)/hr	n.b.
Hoogwoud	Co-vergisting	Mts. Groot-Karsten	0,68 MW	n.b.
Warmerhuizen	Co-vergisting	M.C. Pronk	0,72 MW	n.b.
Alkmaar	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	n.b.	800.000 m3
Alkmaar	Afvalverbrandingsinstallatie	HVC Group	n.b.	675.000 ton
Heiloo	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	n.b.	640.000 m3
Beverwijk	RWZI/AWZI	Biogast	350 m^3(n)/hr	2.200.000 m3
Velzen	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	n.b.	760.000 m3
Zaandam Oost	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	n.b.	680.000 m3
Haarlem	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	100 m^3(n)/hr	2.160.000 m3
Amsterdam	RWZI/AWZI	AEB	80 m^3(n)/hr	n.b.
Amsterdam	VGI-vergisting	Orgaworld	3,4 MW	n.b.
Amstelveen	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	n.b.	920.000 m3
Weesp	RWZI/AWZI	Hoogheemraadschap	n.b.	200.000 m3
Rijsenhout	GFT/ONF installatie	De Meerlanden	500 m^3(n)/hr	3.000.000 m3

Tabel 4: Overzicht van groene CO_2-bronnen behorende bij Figuur 3-2

Voor de selectie van mogelijke bronnen zijn de ontwerpcriteria zoals vermeld in hoofdstuk 2 leidend. Naast de afstand en de beschikbare volumes CO_2 is ook de kwaliteit en beschikbaarheid van de CO_2 van belang. Dit hangt in sterke mate af van het productieproces. Zo zijn de rookgassen van een kolencentrale anders dan van een gascentrale. Ook is de bedrijfsvoering en dus ook de beschikbaarheid anders (zie 'Bijlage 2: Achtergronden bij CO2-bronnen en -sinks'). Deze aspecten worden meegenomen bij de selectie van mogelijke bronnen en afnemers voor het te ontwikkelen transportsysteem.

3.2 Potentiele CO_2 afnemers

Er zijn verschillende bedrijfstakken waar CO_2 gebruikt wordt. Denk hierbij aan de frisdrankindustrie en mobiele koeling met behulp van CO_2. De daarvoor benodigde volumes CO_2 zijn echter klein. De glastuinbouw is de enige sector met een aanzienlijke CO_2-behoefte. Er zal daarom enkel naar glastuinbouwgebieden gekeken worden als potentiele afnemers voor CO_2.

Glastuinbouw Noord-Holland Noord
De glastuinbouw in Noord-Holland Noord heeft een totale oppervlakte van circa 2.000 hectare (inclusief verspreid liggend glas), dat is 30 procent van het Nederlandse totaal. De concentratiegebieden zijn Alton, Het Grootslag en Agriport A7. Ze vormen samen de Glasdriehoek.
In het Altongebied zijn zowel sierteelten als glasgroenten belangrijk, terwijl in het Grootslag en de Agriport A7 de glasgroenten dominant zijn. Buiten de Glasdriehoek is verspreid glas te vinden. Dit verspreid glas is onder andere van belang voor de (zaad)veredeling, maar er zijn ook goedlopende glastuinbouwbedrijven buiten de concentratiegebieden.

Het LEI (Kuhlman e.a., 2009: Landbouwperspectieven in Noord-Holland tot 2040) voorziet in Noord-Holland Noord een groei van de glastuinbouw. Enerzijds door de groei in de productie van groentezaden, anderzijds omdat Noord-Holland Noord een 'overloopgebied' is voor de glastuinbouw in Zuid-Holland. De Rabobank verwacht dat grote glastuinbouwbedrijven zullen wegtrekken uit het Westland en verhuizen, onder meer naar Noord-Holland Noord. Er is geen ruimte meer voor uitbreiding in het Westland, terwijl de bedrijven juist steeds grotere kassen willen bouwen.

De huidige CO_2-behoefte voor deze gebieden is geraamd op circa 28.500 ton CO_2. Deze behoefte zal in de komende jaren gaan stijgen tot circa 87.000 ton in 2024. Bij deze verwachte groei wordt gerekend met een externe behoefte aan CO_2 voor een kas met of zonder eigen wkk voorziening van rond de 60 respectievelijk 350 ton/ha/jaar. Deze kentallen zullen later aangehouden worden voor de doorrekening van de verschillende scenario's.

Glastuinbouw Prima4A en Aalsmeer
Naast de glasdriehoek is de regio Aalsmeer de tweede grote concentratieplek van glastuinbouw. Dit gebied omvat het gebied Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid. Voor Prima4A is aangenomen dat het gebied 380 ha groot is. Dit is momenteel de aangeboden beschikbare grond voor glastuinbouw. De gebieden Aalsmeer-Oost en zuid zijn samen geraamd op 237 ha. In Figuur 3-3 staat het gebied Prima4A (ook wel Primaviera) weergegeven waarbij de gekleurde vlakken de glastuinen representeren (www.Prima4A.nl).

Figuur 3-3: Indeling glastuinontwikkelingsgebied Prima4A.[3]

De bestaande glastuinbouw richt zich voornamelijk op de sierteelt, echter de locatie Prima4A is nog volop in ontwikkeling, waarbij nu nog niet bekend is wat voor soort teelt hier de overhand gaat krijgen. Door het ontbreken van specifieke toekomstscenario's voor deze regio is de verwachte CO_2-behoefte voor deze regio gebaseerd op de kentallen, waarmee gerekend is voor de regio Noord-Holland Noord. Dit resulteer in een verwachte jaarlijkse vraag voor PrimA4a van 43 kton CO_2 en 27 kton CO_2 voor Aalsmeer-Oost en zuid, uitgaand van een volledige benutting van de glastuinbouwruimte.

3.3 Bestaande transportmogelijkheden

In de vorige hoofdstukken is gekeken naar potentiele bronnen en afnemers van CO_2. Nu deze bekend zijn kan het CO_2-transport tracé ontworpen worden. Mogelijk kan er voor dit tracé gebruik gemaakt worden van bestaande leidingen. Binnen Noord-Holland zijn verschillende netbeheerders actief voor transport van gassen of vloeistoffen. Netbeheerders kunnen in bezit zijn van zogenaamde weesleidingen. Dit zijn stukken leiding die niet meer actief gebruikt worden. Hoewel de huidige regelgeving de netbeheerder verplicht om deze leidingen te verwijderen zijn er in het verleden nog

[3] *De vlakken representeren de huidige en nog te ontwikkelen glastuinen; bron www.Prima4A.nl*

diverse tracés bewaard gebleven. Bij elk van deze netbeheerders is navraag gedaan naar het beschikbaar zijn of komen van buisleidingen in de regio Noord-Holland. De resultaten hiervan worden hieronder per netbeheerder gepresenteerd. Voor het in overweging nemen van beschikbare buisleidingen voor transport van CO_2 dienen de leidingstukken minimaal te voldoen aan de volgende voorwaarden:

- De leidingstukken hebben een minimale lengte van 1 km
- De leidingspecificaties (druk en diameter) voldoen
- De leidingstukken zijn van voldoende kwaliteit
- De leidingdelen dienen op bruikbare locaties te liggen

Alliander

Alliander is de regionale netbeheerder in een groot deel van Noord-Holland. Dit houdt in dat Alliander het gas- en elektricteitsdistributienet in beheer heeft. Voor de distributie van aardgas ligt er een uitgebreid 8 bar gasnet. In Figuur 3-4 en Figuur 3-5 is een deel van dit distributienet weergegeven. Hierin zijn ook de belangrijkste bronnen (rood) en glastuingebieden (blauw) weergegeven.

Bestaande gasnet

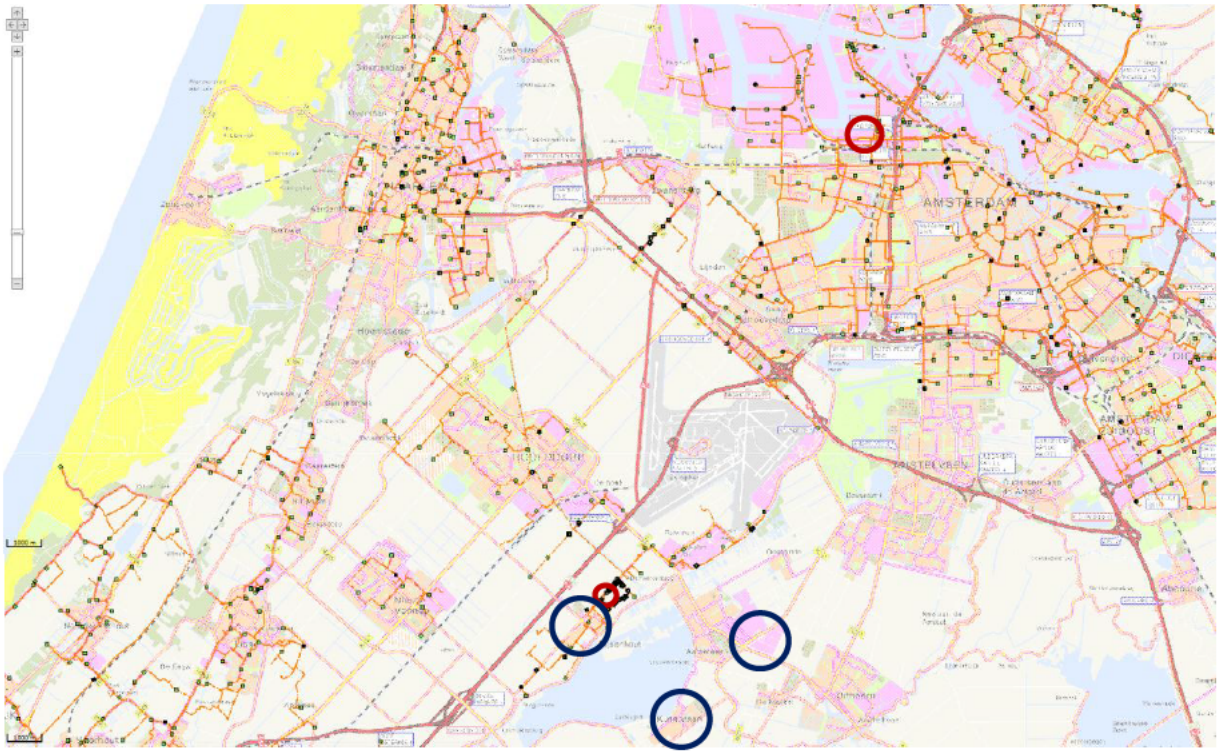
De gedachte is dat een deel van het het bestaande net ingezet zouden kunnen worden voor CO_2-transport. Op basis van figuren 3 en 4 is duidelijk dat er niet een eenduidig leidingstuk is dat de CO_2-bron en afnemer zou kunnen verbinden. Daarbij is het ook zo dat bestaande netdelen niet afgekoppeld kunnen worden omdat de gaslevering dan in gevaar komt of zelfs niet meer beschikbaar is. Algemeen geld dat de beschikbare buisleidingen niet de benodigde werkdruk en diameter hebben. Het beoogde CO_2-transportnet heeft een werkdruk van maximaal 30 bar. Het OCAP-netwerk wordt bijvoorbeeld bedreven op 22 bar. Het aardgas distributienet heeft een werkdruk van 8 bar met een maximale ontwerpdruk van 10 bar. Daarbij zijn de beschikbare diameters ook krap voor de transporteren volumes CO_2. Het is daarmee dus ook niet mogelijk het CO_2-net op een lagere druk (8 bar) te bedrijven omdat de buisdiameters dan veel te klein zijn.

Weesleidingen

Alliander heeft in Noord-Holland weesleidingen beschikbaar. Dit zijn leidingstukken van maximaal 200 meter lengte die verspreid liggen over het gebied. Zowel de leidinglengte, de ligging, de werkdruk als de leidingdiamter maken dat deze leigingstukken niet geschikt zijn voor het beoogde CO_2-transport.

Figuur 3-4: 8 Bar(o) gastransportnet Alliander van Noord-Holland Noord.[4]

[4] *Bron: Alliander*



Figuur 3-5: Gaskaart Liander Noord-Holland Zuid. [5]

Defensie

Defensie beheert vitale leidingtracés binnen Nederland voor transport van brandstof naar kritieke defensie locaties en vliegvelden. Sommige van deze tracés zijn niet meer in gebruik en kunnen overgenomen worden. OCAP heeft in het verleden een tracé in Zuid-Holland overgenomen en gebruikt deze nu voor CO_2-transport. Defensie heeft een overzicht van weesleidingen beschikbaar gesteld. Hieruit blijkt dat er boven Amsterdam geen leidingen beschikbaar zijn. Ten zuiden van Amsterdam zijn er wel leidingstukken beschikbaar. In Figuur 3-6 en Figuur 3-7 zijn de beschikbare weesleidingen in het gebied onder Amsterdam weergegeven. Het rood omcirkelde leidingstuk kan mogelijk interessant zijn voor gebruik binnen dit scenario. De leidingdiameter is echter te klein voor toepassing binnen dit scenario. Er is geen nadere informatie beschikbaar over de exacte ligging, de ontwerpdruk en status van dit leidingstuk.

Figuur 3-6 Overzicht van in gebruik zijnde DPO-leidingen en DPO-weesleidingen. [6]

---

[5] *Bron: Alliander*

[6] *(groen gearceerd) en DPO weesleidingen (blauw) in Noord-Holland net onder Schiphol. Het voor dit project mogelijk interessante leidingstuk is rood omcirkeld.*

Figuur 3-7 Schematisch overzicht van in gebruik zijnde DPO-leidingen.

Gasunie

Gasunie heeft het landelijke hogedruk gas transportnet in beheer. Dit net wordt op 40 of 64 bar bedreven. Gasunie heeft diverse leidingen in bedrijf in Noord-Holland. Naast aardgasleidingen heeft Gasunie ook een stikstofleiding in beheer voor het bijmengen van stikstof aan hoogcalorisch aardgas. Er zijn echter geen leidingen die beschikbaar gaan komen in dit gebied. Het is daarbij technisch niet mogelijk om bijvoorbeeld bestaande leidingen zowel voor aardgas/stikstof als voor CO_2-transport te gebruiken. De techniek is hiervoor nog niet ontwikkeld. Ook zou het de bedrijfsvoering in gevaar brengen en de transportcapaciteit reduceren. Er is geen informatie beschikbaar gekomen over weesleidingen in Noord-Holland. Enkel ten zuiden van Amsterdam is mogelijk een stuk weesleiding beschikbaar (Figuur 3-8). Deze informatie is niet bevestigd door Gasunie. Dit stuk weesleiding zou ingezet kunnen worden voor CO_2-transport ten zuiden van Amsterdam. Het is echter maar een kort leidingstuk dat maar ten dele ingezet zou kunnen worden binnen dit scenario.

Figuur 3-8 Gasunie weesleiding (leiding is Ø400 en 5.200 meter lang).

PWN
PWN produceert en transporteert drinkwater. Hiervoor heeft PWN een uitgebreid leidingnetwerk. Zo bezit PWN o.a. een grote transportleiding waarmee water voor zuivering naar de duinen wordt getransporteerd en terug. Deze bestaande hoofdleidingen kunnen echter niet vrijgemaakt worden. PWN heeft een groot aantal korte leidingstukken die op termijn beschikbaar komen of vervangen worden (zie 'Bijlage 3: Identificatie bestaande transportleidingen'). Dit zijn veelal oude leidingstukken die niet bestand zijn tegen de hoge werkdruk van het CO_2-transportnet. Ook liggen de leidingstukken niet goed ten opzichte van de CO_2-bronnen en -afnemers.

HHNK (Hoogheemraadschap Noorderkwartier)
Het HHNK beheert leidingen voor afvoer van vuil water en regenwater. Hiervoor heeft HHNK verschillende leidingstukken in beheer. Via deze leidingstukken wordt vuil water vanuit de stad naar de rioolwaterzuiveringsinstallaties getransporteerd. HHNK heeft geen weesleidingen beschikbaar. Daarbij zijn de bestaande leidingen maar bestand tegen een maximale werkdruk van 3 bar. Daarmee zijn deze ongeschikt voor het beoogde transport van CO_2.

3.4 Conclusies

- Er zijn verschillende grote (>50 kton/jaar) CO_2-bronnen aanwezig in Noord-Holland. De uitstoot concentreert zich vooral rond IJmuiden en Amsterdam. Verder zijn er verschillende CO_2-bronnen verspreid in de regio.

- Er zijn meerdere vergistingsinstallaties aanwezig in de regio die "groene CO_2" beschikbaar hebben. Vanwege de kleine hoeveelheid CO_2 die hier beschikbaar is worden deze groene bronnen niet meegenomen in het ontwerp.

- De CO_2 van afvalverbrandingscentrales HVC en AEB kan voor een deel als groen aangemerkt worden vanwege de biogene oorsprong van de brandstof. HVC en AEB hebben voldoende CO_2 beschikbaar en worden wel meegenomen in het te ontwikkelen CO_2-transportsysteem.

- De glastuinbouw is de enige sector met een voldoende grote CO_2-vraag. Er wordt daarom enkel naar de glastuinbouw gekeken als potentiele afnemer van CO_2. De glastuinbouw ten noorden van Amsterdam concentreert zich in drie gebieden; Alton, Agriport en Grootslag (de glasdriehoek). Ten zuiden van Amsterdam concentreert de vraag zich in de gebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid.

- Van de in Noord-Holland opererende netbeheerders met buisleidingen hebben enkel Gasunie en Defensie leidingen met een geschikte werkdruk. De leidingen van de overige netbeheerders zijn om die reden niet geschikt. In het gebied ten noorden van Amsterdam hebben Gasunie en Defensie geen (wees)leidingen beschikbaar of leidingen die beschikbaar gemaakt kunnen worden.

- In het gebied ten zuiden van Amsterdam zijn twee stukken weesleiding beschikbaar die voor een deel het beoogde tracé zouden kunnen invullen. Eén stuk van Defensie en één stuk van Gasunie (niet bevestigd). De leidingdiameter van de Defensieleiding is echter te klein om voldoende CO_2 over te kunnen transporteren binnen dit scenario. Ook is de exacte ligging onbekend. Het leidingstuk van Gasunie is te kort om van betekenis te zijn. In het volgende hoofdstuk zal een optimaal leidingtracé tussen bron en afnemer ontworpen worden. Het onderzoek gaat daarbij uit van een nieuw aan te leggen transportnet.

4 Scenariokeuze en tracébepaling

Zoals uit het vorige hoofdstuk is gebleken zijn zowel de CO_2-bronnen als de -afnemers in de regio bekend. Ook is er gekeken naar het al dan niet beschikbaar zijn van bestaande leidingen. Op basis hiervan kan een leidingtracé voor CO_2-transport ontworpen worden. Zoals gebruikelijk bij het leggen van infrastructuur zal hierbij gekeken worden naar een logische route langs de openbare infrastructuur rekening houdend met eventuele bijzondere objecten en barrières. Ook de voor de veiligheid benodigde veiligheidsafstanden worden hierin meegenomen.

4.1 Scenariokeuze

Uit het voorgaande hoofdstuk blijkt dat enkel de glastuinbouw aanzienlijke hoeveelheden CO_2 nodig heeft. Geografisch is er onderscheid te maken tussen de gebieden ten noorden van Amsterdam (de glasdriehoek Alton, Agriport en Grootslag) en de gebieden ten zuiden van Amsterdam (Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid). De afstand tussen deze gebieden is te groot om deze afnemers met elkaar te verbinden. Er zal daarom onderscheid gemaakt worden tussen de glastuingebieden ten noorden en ten zuiden van Amsterdam. Om zoveel mogelijk volume te krijgen en daarmee de prijs per ton CO_2 zo laag mogelijk te houden worden in zowel de gebieden ten noorden als de gebieden ten zuiden alle drie de gebieden betrokken in het te ontwikkelen transportsysteem. Deze gebieden zullen daarom via een pijpleiding met elkaar verbonden worden en aangesloten worden op de dichtstbijzijnde geschikte CO_2-bron. Voor de gebieden ten noorden van Amsterdam is dit de afvalcentrale HVC. Voor de gebieden ten zuiden van Amsterdam is dit een koppeling met de afvalverbrandingscentrale AEB via het OCAP netwerk. De twee nader uit te werken scenario's zijn daarmee:

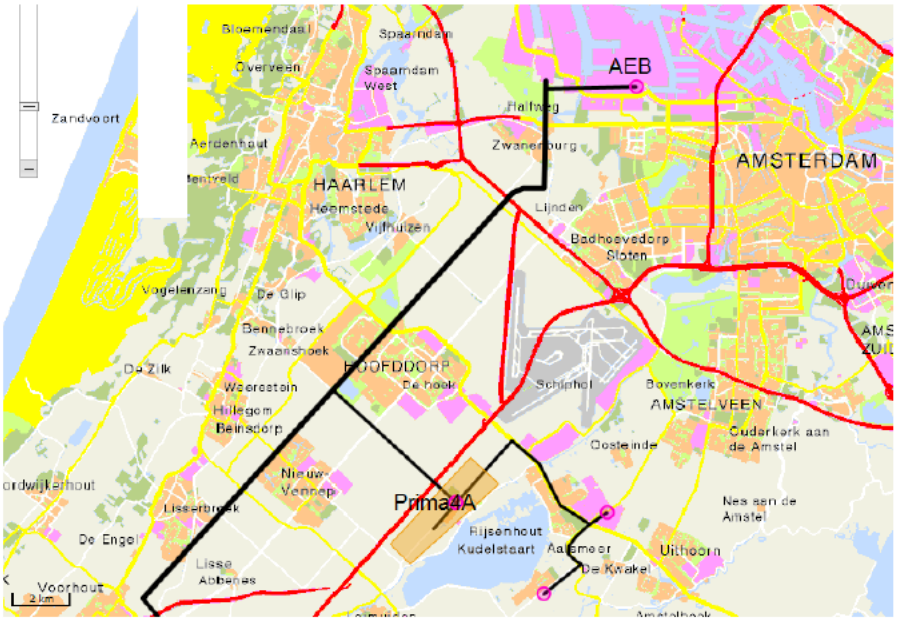
- Prima4A: Het scenario ten zuiden van Amsterdam betreft het koppelen van glastuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid op de bestaande OCAP transportleiding in combinatie met het koppelen van afvalverbrandingscentrale AEB op het OCAP netwerk voor CO_2-levering.

- Glasdriehoek: Het scenario ten noorden van Amsterdam betreft het verbinden van de afvalverbrandingscentrale HVC Alkmaar als CO_2-bron met de glastuingebieden Alton, Agriport en Grootslag (de glasdriehoek).

De scenario's worden hieronder nader toegelicht.

4.2 Scenario 1: Prima4A

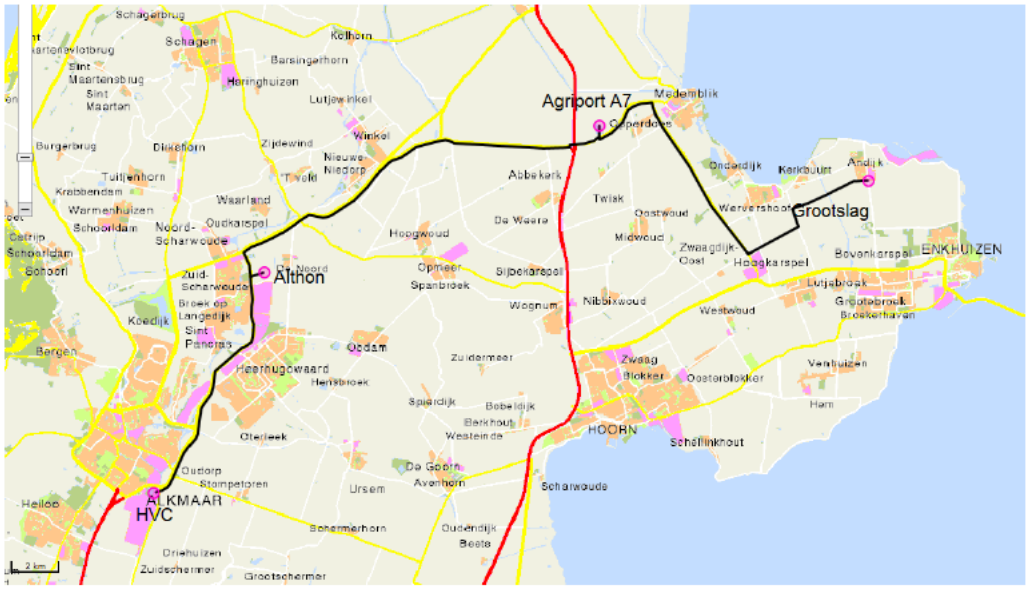
In Figuur 4-1 is een kaart weergegeven met tuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid. Ook is het bestaande OCAP netwerk weergegeven en de afvalverbrandingscentrale AEB. Om de tuinbouwgebieden aan te sluiten op het OCAP-netwerk wordt er een aftakking gemaakt van het OCAP-netwerk ter hoogte van Hoofddorp Zuid. Een transportleiding van 8 km verbindt tuinbouwgebied Prima4A met het OCAP-netwerk voor CO_2-levering. De verdere verbinding met Aalsmeer-Oost is 6.5 km lang. De verbinding naar Aalsmeer-Zuid bedraagt dan nog 3.5 km. Aan het uiteinde van het OCAP-netwerk wordt een koppeling gemaakt voor invoeding van CO_2 bij afvalverbrandingscentrale AEB.



Figuur 4-1: Scenario 1, aansluiten Prima4A op OCAP leiding

4.3 Scenario 2: De glasdriehoek

In Figuur 4-2 zijn de glastuinbouwgebieden Alton, Agriport en Grootslag weergegeven. Deze gebieden worden ook wel aangeduid als de glasdriehoek. Ook is de afvalverbrandingscentrale HVC weergegeven. Binnen dit scenario wordt er een tracé gelegd van HVC voor de levering van CO_2 aan Alton, Agriport en Grootslag. Het tracé volgt zoveel mogelijk de N242, de N239 en N240 en heeft een lengte van 47 km.



Figuur 4-2: tracé CO_2-transportleiding Scenario 2

4.4 Barrieres

Per scenario zijn de voornaamste barrières op planologisch, technisch en economisch gebied geïdentificeerd. De belangrijkste geïdentificeerde barrières op planologisch gebied zijn het kruisen van waterwegen, N-wegen en het plannen van deze leiding in de buurt van de bewoonde omgeving. Voor transport in de bebouwde omgeving dienen de genormeerde veiligheidsafstanden in acht te worden gehouden. Binnen scenario 1 loopt het tracé door Aalsmeer en binnen scenario 2 loop het tracé door Alkmaar en Heerhugowaard. Zowel de publieke opinie als de te handhaven veiligheidsafstanden kunnen een belemmering vormen voor het project. Op transport technisch gebied is het vooral van belang dat er voldoende en voldoende zuivere CO_2 beschikbaar komt en ingevoed wordt op het leidingnet. Er is hierbij aangenomen dat de kwaliteit voldoet aan de OCAP–kwaliteit. Een uitgebreid overzicht van de barrières per scenario is opgenomen in 'Bijlage 4: Mogelijke belemmeringen en oplossingsrichtingen'.

4.5 Rolverdeling

Binnen de keten van CO_2-productie tot aan de afname bij de tuinder kunnen verschillende mogelijke rollen en taken worden geïdentificeerd. De regulering hiervan is niet vastgelegd in de Nederlandse wet- en regelgeving. We veronderstellen dat de volgende rollen in elk geval ingevuld moeten worden.

- **Producent:**
  De producent produceert het CO_2, in dit geval zijn dit de afvalverbrandingsinstallaties AEB en HVC. De producent maakt het mogelijk dat er CO_2 uit het proces onttrokken wordt.
- **Afvangverantwoordelijke:**
  De afvangverantwoordelijk zorgt ervoor dat de CO_2 uit het proces van de producent onttrokken wordt en beschikbaar komt.
- **Kwaliteitsverantwoordelijke:**
  De kwaliteitsverantwoordelijke zorgt ervoor dat het CO_2 op de juiste zuiverheid, druk en temperatuur gebracht wordt en beschikbaar komt.
- **Shipper**
  De shipper koop het CO_2 in bij de producent en verkoopt dit aan de (eind)afnemers.
- **Transporteur**
  De transporteur transporteert het CO_2 van de producent naar de afnemer.
- **Afnemer(s)**
  De afnemer neemt het CO_2 af van de transporteur en geeft hiervoor de afgesproken vergoeding aan de shipper.
- **Leidingeigenaar**
  De eigenaar van de leiding heeft de leiding in bezit.
- **Verantwoordelijke voor aanleg van de leidingen**
  Deze is verantwoordelijk voor de aanleg van het transportsysteem.
- **Verantwoordelijke voor het onderhoud en beheer**
  Deze partij is verantwoordelijk voor het onderhoud en het beheer van het transportsysteem.
- **Meetverantwoordelijke:**
  De meetverantwoordelijk meet en verrekent de geproduceerde en afgenomen volumes CO_2.

Meerdere taken en rollen kunnen door één partij worden vervulde. Zo kan de meetverantwoordelijkheid ook bij de transporteur liggen. Het bestaande OCAP netwerk kan als voorbeeld gezien worden. De OCAP-leiding levert CO_2 aan ruim 500 tuinders en is de enige significante CO_2-transportinfrastructuur in Nederland. De rolverdeling bij OCAP kan als voorbeeld dienen voor de indeling van rollen in de CO_2-transportketen. De rollenverdeling in het geval van de OCAP-leiding is als volgt (Zalm, 2004; Roggenkamp, 2010):

- **Producent CO_2:**
  Bij de waterstofraffinaderij van Shell in Pernis komt CO_2 vrij met een hoge mate van puurheid. Ook bij de bio-ethanolfabriek Abengoa in Rotterdam komt CO_2 vrij dat wordt afgevangen.
- **Inkoper CO_2**
  Bio Supply CV is onderdeel van de OCAP-groep en koopt het CO_2 in bij Abengoa. Het is niet duidelijk of Bio Supply ook de CO_2 inkoopt bij Shell in Pernis.
- **Transporteur CO_2:**
  OCAP draagt zorg voor het transport naar de tuinders.
- **Afnemer(s) CO_2:**
  Ruim 500 glastuinbouwers nemen CO_2 af bij OCAP voor de bemesting van hun planten,
- **Eigenaar leiding:**
  Naast transporteur is OCAP ook eigenaar van de leiding voor CO_2-transport.
- **Onderhoud pijpleiding**
  Pipeline Control uit Sliedrecht is verantwoordelijk voor het onderhoud van de pijpleiding.
- **Meetverantwoordelijke**
  OCAP is naast transporteur ook meetverantwoordelijke.

Zowel in scenario 1 (Prima4A) als in scenario 2 (de glasdriehoek) worden er nieuwe leidingstukken aangelegd. Alliander is netbeheerder en kan daarmee de rol als netbeheerder op zich nemen. Dit houdt in dat Alliander eigenaar wordt van de leiding, transporteur (netbeheerder) is en verantwoordelijk is voor de aanleg en het onderhoud van het leidingsysteem. Ook kan Alliander de meetverantwoordelijkheid op zich nemen. Het ligt hierbij niet voor de hand dat Alliander ook shipper wordt en dus het CO_2 gaat inkopen en verkopen. Dit is een taak voor marktpartijen zoals OCAP.

4.6 Conclusie

- Op basis van de in hoofdstuk 3 in kaart gebrachte CO_2 bronnen en afnemers zijn er twee scenario's ontwikkeld. Eén CO_2 transportsysteem ten zuiden van Amsterdam (Prima4A) en één ten noorden van Amsterdam (Glasdriehoek).

- Per scenario zijn de voornaamste barrières in kaart gebracht. Zowel de publieke opinie als de te handhaven veiligheidsafstanden kunnen een belemmering vormen voor de huidige tracékeuze.

- In het te ontwikkelen transportsysteem zijn verschillende rollen geïdentificeerd. Alliander kan hierin de netbeheerstaak vervullen.

5 Scenario doorrekening

Nu de scenario's bekend zijn kan het transportsysteem gedimensioneerd worden. Zo zullen de leidingdiameters, de werkdruk en het benodigde compressorvermogen berekend worden. Het onderzoek richt zich hierbij op het hoofd transportsysteem. Het ontwerp en de kosten van het lage druk distributienet in de glastuinbouwgebieden zelf zal nader onderzocht moeten worden. Het transportsysteem zal gedimensioneerd worden met behulp van het DNV-GL CO_2-transmissieketenoptimalisatiemodel. De transmissieketen-optimalisatie heeft als doel de meest kostenefficiënte oplossing te vinden binnen de gegeven inputparameters. Dit zijn in dit geval de maximaal voorziene flow (kg/s) en minimale einddruk van de leiding. Deze analyse resulteert in de meest kosten efficiënte combinatie van leidingdiameter en compressorvermogen in termen van investeringskosten en operationele kosten. Hierbij zal er een 'optimum' worden bepaald tussen een kleinere leidingdiameter (en dus minder materiaalkosten) en de keuze voor meer compressorvermogen (en de daarbij horende kosten) om het veroorzaakte drukverlies binnen de randvoorwaarden te houden.

In de scenario-ontwikkeling wordt voor beide scenario's uitgegaan van een tweetal cases.

1. De eerste case is een 'hybride case' waarin wordt uitgegaan van WKK-gebruik en een aanvullende CO_2-vraag van de tuinders. Deze 'mix' van CO_2 is gebaseerd op de 2024 projectie van het gemiddelde CO_2-gebruik per hectare van de gehele glastuindriehoek in de 'expected case' volgens ECW en Grootslag (2011). Dit komt gemiddeld neer op een CO_2-vraag van 112 ton/ha/jr.
2. Voor de andere case, de 'maximale' case, is aangenomen dat de volledige oppervlakte glastuinbouw in beide scenario's wordt voorzien van 100% externe CO_2, dit resulteert in een benodigde vraag van 350 ton/ha/jr (ECW en Grootslag, 2011).

De kosten per ton CO_2 worden berekend op basis van de jaarlijkse kosten (energiekosten, afschrijving, onderhoud etc.) en de jaarlijks te transporteren hoeveelheid CO_2. Voor het bepalen van de jaarlijkse kosten zijn de volgende relaties gebruikt in het transmissieketenoptimalisatiemodel:

Jaarlijkse compressorkosten = investeringskosten x capital recovery factor x engineering en installatie kosten
Jaarlijkse elektriciteitskosten = vermogen x elektriciteitsprijs x capaciteitsfactor
Jaarlijkse leidingkosten = investeringskosten x kapitaal herstelfactor

Hierin geeft de capital recovery factor (CRF) de verhouding tussen investeringskosten en jaarlijkse kosten. De CRF is gegeven door de volgende relatie:

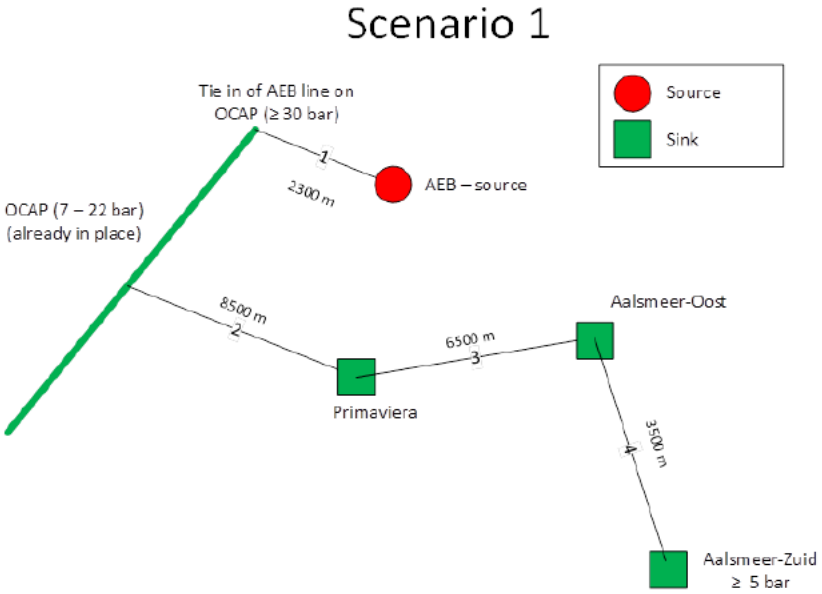
$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Hierbij is i het rentepercentage en n het aantal afschrijvingsperiodes. In deze studie is aangenomen dat er een CRF van 0,15 geldt voor de investeringskosten; dit is gelijk aan een afschrijftermijn van 10 jaar met een rente van 8%. De CRF is gebaseerd op in-house data van DNV-GL op het gebied van de aanleg en operatie van CO_2-transportleidingen. De engineering- & installatiekosten staan o.a. voor onderhoud en operatie van de compressor. De capaciteitsfactor is afhankelijk van het aantal draaiuren per jaar en geeft het percentage van het jaar weer dat de compressor operationeel is. Voor de engineering & installatiekosten is een factor 3,5 gebruikt en de gebruikte elektriciteitsprijs is €0,06/kWh. Deze kosten zijn gebaseerd op in-house data van DNV-GL op het gebied van de aanleg en operatie van CO_2-transportleidingen. De berekende investeringskosten en jaarlijkse kosten zijn indicatief. Voor het maken van een investeringsbeslissing zal er een meer gedetailleerde scenario-ontwikkeling en case-specifieke kostenschatting gemaakt moeten worden.
De kosten zijn hierbij exclusief de distributiekosten. Dit zijn de kosten ten behoeve van het distributienet in de glastuingebieden. Deze zijn sterk afhankelijk van de individuele glastuingebieden. Indicatief zullen deze 1-2 € per ton CO_2 bedragen in de maximale cases. Hierbij is gerekende met een

aansluitleiding van 500 meter per tuinder, 50 ha per tuinder, 100 € per meter aansluitleiding en de maximale CO_2-behoefte.

5.1 Scenario 1: Prima4A

Het Prima4A scenario betreft enerzijds het aansluiten van AEB op de bestaande OCAP leiding en anderzijds het verbinden van de drie tuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid met het OCAP netwerk. Figuur 5-1 toont een schematische weergave van dit scenario met de bijbehorende leidinglengtes.



Figuur 5-1: Schema Prima4A scenario inc. benodigde leidinglengtes.

AEB-OCAP

De aansluiting van AEB als CO_2-bron op de OCAP-leiding is het meest kostenefficiënt wanneer er een 6" leiding wordt gekozen in combinatie met een compressievermogen van 1,2 MW. Jaarlijks wordt er 61 kton CO_2 getransporteerd vanaf AEB naar OCAP. De investeringskosten en jaarlijkse operationele kosten worden dan respectievelijk 3.0 M€ en 1,5 M€, dit zorgt voor een transportprijs van €25 per ton CO_2. Samen met de kosten voor het afvangen van CO_2 resulteert dit in een kostprijs voor het afvangen en invoeden in OCAP van €91 per ton CO_2. Een overzicht van de opbouw van investeringskosten en jaarlijkse operationele kosten is weergegeven in Tabel 5.

Specificatie investeringskosten aansluiting		**Eenheid**
Leiding diameter	6	inch
Compressievermogen (kW)	1100	kW
Investeringskosten compressor	2.1	M€
Investeringskosten pijpleiding	0.9	M€
Totale investeringskosten	*3.0*	***M€***

Specificatie jaarlijkse kosten aansluiting AEB-OCAP		**Eenheid**
Jaarlijkse compressorkosten	1.1	M€
Jaarlijkse leidingkosten	0,1	M€
Jaarlijkse energiekosten	0,3	M€
Totale jaarlijkse kosten	*1.5*	*M€*
Jaarlijkse hoeveelheid CO_2	*60912*	*ton/jr.*
Kosten per ton CO_2	*25*	**€/ton**

Tabel 5: Kostenopbouw aansluiting AEB op OCAP.[7]

[7] *Resultaten en kostenopbouw transmissieketen optimalisatie voor de aansluiting van AEB op OCAP.*

De relatief hoge investeringskosten en jaarlijkse operationele kosten worden vooral veroorzaakt door de compressor en de benodigde compressieratio. Het CO_2 wordt afgevangen en aangeleverd op atmosferische druk terwijl het tot 21 bar gecomprimeerd dient te worden alvorens het richting de OCAP-leiding wordt getransporteerd. Het aandeel van de compressorkosten in de investeringskosten is 70% (Tabel 5). De jaarlijkse operationele transportkosten worden vooral bepaald door afschrijving en onderhoud aan de compressorinstallatie (73%). Deze resultaten worden bepaald door de aanname van de afvanghoeveelheid en het afvangsysteem in Huibers et al. (2013). Zoals eerder benoemd is er in potentie meer CO_2 af te vangen bij AEB, vanwege schaalvoordelen zal dit de prijs van afvang, compressie en transport reduceren. Wanneer er uitgegaan wordt van de maximale hoeveelheid gevraagde CO_2 (215 kton/jaar) dan zullen de kosten indicatief nog maar 10 €/ton bedragen.

OCAP-Prima4A-Aalsmeer

De aansluiting van Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid voor de 'hybride' en 'maximale' case zijn weergegeven in Tabel 6. De kosten voor het aansluiten van tuinbouwgebieden Prima4A en Aalsmeer bedragen respectievelijk €25 en €11 per ton CO_2, voor respectievelijk de 'hybride' en de 'maximale' case. De kostprijs per ton CO_2 voor de 'maximale' case is minder dan de helft dan die voor de 'hybride' case. Dit geeft de schaalvoordelen duidelijk weer.

	'Hybride' case			***Totalen traject***	**'Maximale' case**			***Totalen traject***	**Eenheid**
Sectie nummer	2	3	4		2	3	4		
Leidingdiameter	16	10	8	-	24	16	16	-	inch
Investeringskosten leiding	6,3	3,5	1,6	*11,4*	8,5	4,8	2,6	*15,9*	M€
Jaarlijkse kosten leiding	1,0	0,5	0,2	*1,7*	1,3	0,7	0,4	*2,4*	M€/jr.
Totale jaarlijkse kosten				*1,7*				*2,4*	*M€/jr.*
Jaarlijkse hoeveelheid CO_2				*69280*				*215950*	*ton/jr.*
Kosten per ton CO_2				**25**				**11**	**€/ton**

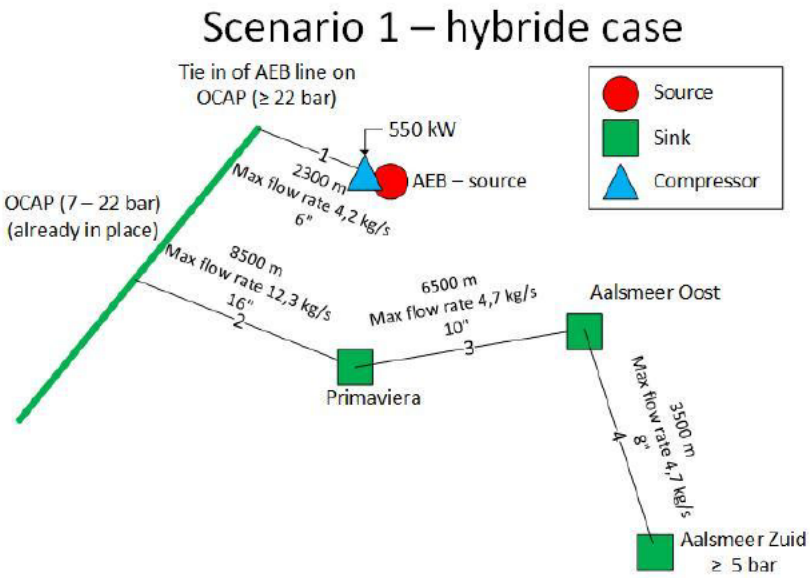
Tabel 6: Resultaten aansluiting Prima4A, Aalsmeer-Oost en Zuid op OCAP.[8]

Samenvattend zou de prijs per ton CO_2 uitkomen op 110 €/ton CO_2 voor de hybride case en 96 €/ton CO_2 voor de maximale case (Tabel 7: Totale kosten per ton CO2 voor scenario 1.). Wanneer in de maximale case er ook van uitgegaan wordt dat de volledige CO_2 behoefte bij AEB wordt afgevangen en ingevoed bedragen de totale kosten nog maar 79 €/ton CO_2. Figuur 5-2 en Figuur 5-3 geven een schematische weergave van het scenario met de resulterende leidingdiameters en massastromen voor de hybride en maximale case. Dit zijn de kosten exclusief de kosten van het distributienet in de individuele glastuingebieden (indicatief 1-2 €/ton).

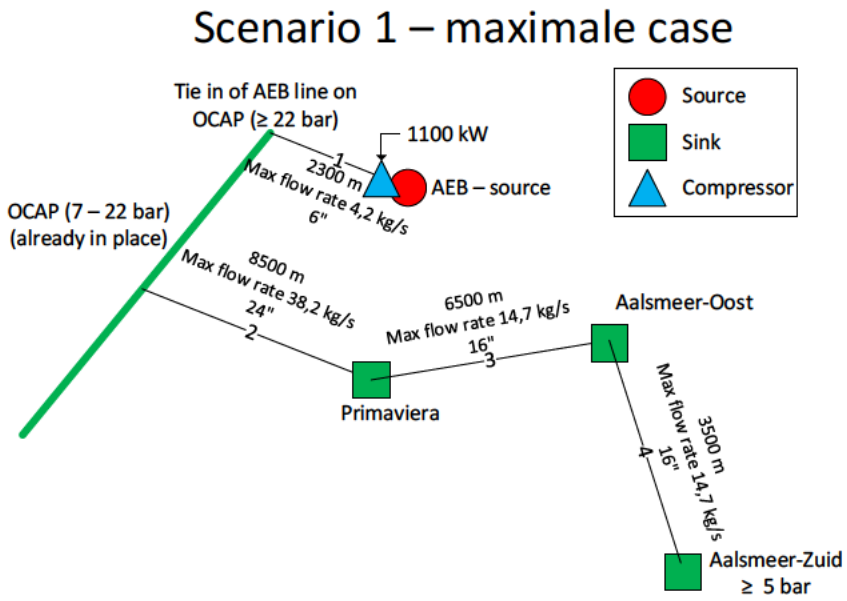
Kostencomponent	**Hybride case**	**Maximum case**	**Eenheid**
Kosten afvang	60	60	€/ton
Kosten transport AEB-OCAP	25	25	€/ton
Kosten transport OCAP-tuinders	25	11	€/ton
Kosten per ton CO_2	**110**	**96**	**€/ton**

Tabel 7: Totale kosten per ton CO_2 voor scenario 1.

[8] *Resultaten transmissieketen optimalisatie voor aansluiting Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid op OCAP-leiding in de 'hybride' case en de 'maximale' case.*



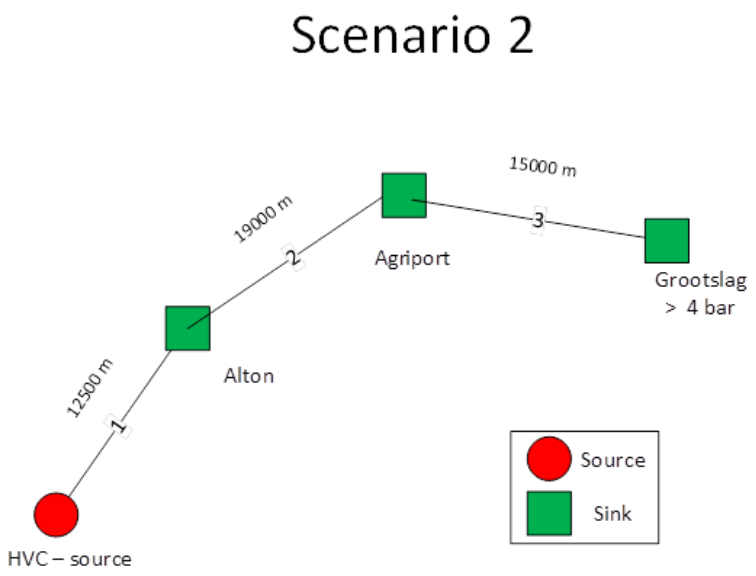
Figuur 5-2: Schema van scenario 1 voor 'hybride case'.



Figuur 5-3: Schema van scenario 1 voor 'maximale case'.

5.2 Scenario 2: de glasdriehoek

Het tweede scenario zal bestaan uit een volledig nieuw te realiseren CO_2-transportnet. Het CO_2 zal worden afgevangen bij de afvalverbrandingsinstallatie van HVC in Alkmaar, en sequentieel worden getransporteerd naar Alton, Agriport en Grootslag. Een schematische weergave van dit scenario is weergegeven in Figuur 5-4.



Figuur 5-4: Schematische weergave van scenario 2.[9]

Het afvangen van CO_2 uit rookgassen en de compressie van het CO_2 zal plaatsvinden bij HVC in Alkmaar. Hierbij wordt aangenomen dat dezelfde afvangtechniek gebruikt wordt als in scenario 1. De energiekosten voor afvang en compressie zijn o.a. afhankelijk van het aantal draaiuren. In de aangenomen maximale flow benadering is dat ongeveer 25% van het jaar. Voordat het CO_2 wordt ingevoed in de leiding zal de kwaliteit gemeten en bewaakt worden. Daarnaast zal ook een comptabele meting moeten plaatsvinden om de geleverde CO_2 te kunnen afrekenen.

De jaarlijkse externe CO_2-vraag in 2024 voor de 'hybride' case van de drie tuinbouwgebieden is gebaseerd op de 'expected case' uit de ECW en Grootslag (2011) studie. Dit houdt in dat Alton, Agriport en Grootslag in 2024 respectievelijk een vraag van 12.550 ton/jaar, 54.759 ton/jaar en 19.890 ton/jaar zullen hebben. In de zomermaanden wanneer de vraag het grootst is zal dit resulteren in een maximale flow van 15,4 kg/s, 13,2 kg/s en 3,5 kg/s (55,4, 47,5, 12,6 ton/uur) voor respectievelijk leidingstukken 1, 2 en 3 uit Figuur 5-4. Dit is gebaseerd op een maximale flow van 0,62 kg/uur per gevraagde ton CO_2 per jaar (ECW en Grootslag, 2010). De 'maximale' case gaat uit van een 100% externe CO_2-levering van 350 ton/ha/jr. Dit houdt in dat Alton, Agriport en Grootslag in 2024 respectievelijk een vraag van 14.000 ton/jaar, 192.500 ton/jaar en 62.275 ton/jaar zullen hebben. Dit correspondeert met een maximale flow van respectievelijk 48,1 kg/s, 45,6 kg/s en 11,6 kg/s (173, 164, 41,8 ton/uur) voor leidingsecties 1, 2 en 3 uit Figuur 5-4.

De mate van compressie bij HVC, en eventuele her compressie onderweg, zal worden bepaald door de aanname dat aan het eind van het systeem bij Grootslag een druk van tenminste 4 bar moet worden gehaald. Ook hier zal bij de afleverstations een comptabele meting uitgevoerd worden om de hoeveelheden CO_2 te kunnen afrekenen. De randvoorwaarden die als input van het DNV-GL transmissieketenoptimalisatiemodel zijn gebruikt, zijn weergegeven in Tabel 8.

[9] *Het schema toont de nieuw te realiseren CO_2-transportinfrastructuur van HVC naar achtereenvolgens Alton, Agriport en Grootslag.*

Tracé	Afstand	Begin -druk	Eind-druk	Hybride Capaciteit	Maximale Capaciteit	Jaarlijkse hoeveelheid hybride	Jaarlijkse hoeveelheid maximale	Nr
	m	bar	bar	kg/s	kg/s	ton/jr.	ton/jr.	
HVC-Alton	12500			15,4	48,1	87190	271775	1
Alton-Agriport	19000			13,2	45,6	74640	257775	2
Agriport-Grootslag	15000		>4	3,5	11,6	19890	65275	3

Tabel 8: Kengetallen optimalisatie van scenario 2.

De transmissieketen optimalisatie resulteert in een minimale begindruk bij HVC van 7 bar en 15 bar voor respectievelijk de 'hybride' en 'maximale' case. Dit resulteert in een einddruk bij Grootslag van ongeveer 4 bar voor de 'hybride' case en ongeveer 5 bar voor de 'maximale' case. De capaciteit van de compressor zal groter moeten zijn, dit wordt verder toegelicht in sectie 5.3 op basis van de benodigde buffercapaciteit in de leiding boven op de minimale begindruk. Voor de 'hybride' case is de meest kosten efficiënte optie om een compressorvermogen van 3,5 MW te plaatsen na afvang bij de HVC. Daarbij kan voor segment 1, 2 en 3 respectievelijk een leidingdiameter van 12", 8" en 6" worden gekozen. Voor de 'maximale' case zal er een compressor van 12,6 MW nodig zijn bij HVC. De leidingsecties 1, 2 en 3 zullen daarbij een diameter van respectievelijk 16", 16" en 12" hebben.

Aan de hand van de gegevens van de compressor voor scenario 1 (AEB-OCAP) worden de compressorkosten van scenario 2 (HVC-Alton-Agriport-Grootslag) geschat. De kosten van een compressor kunnen goed geschaald worden met het compressievermogen. Op basis van vuistregels uit Couper (2003) voor het schalen van procesapparatuur hanteren we de volgende relatie:

$$CAPEX_{compressor\ B} = CAPEX_{compressor\ A} \times \left(\frac{Vermogen_{Compressor\ B}}{Vermogen_{Compressor\ A}}\right)^{0,7}$$

De compressorkosten voor de hybride en maximale case van scenario 2 komen daarmee op respectievelijk 4,6 en 11,3 miljoen €. Een overzicht van de resultaten voor beide cases voor scenario 2 en de financiële implicaties daarvan zijn weergegeven in Tabel 9: en Tabel 10.

	Hybride Capaciteit				**Totalen traject**	**Eenheid**
Sectie nummer	Initiële compressie	1	2	3		
Compressie-vermogen	3477	-	-	-	*3477*	kW
Leidingdiameter	-	12	8	6	-	inch
Investeringskosten compressie	4,6	-	-	-	*4,6*	M€
Investeringskosten leiding		7,4	8,7	5,7	*21,6*	M€
Totale investeringskosten					*26,2*	*M€*
Jaarlijkse energiekosten	1,5	-	-	-	*1,5*	M€
Jaarlijkse compressiekosten	2,4	-	-	-	*2,4*	M€
Jaarlijkse leidingkosten	-	1,1	1,3	0,9	*3,3*	M€
Totale jaarlijkse kosten	-	-	-	-	*7,1*	*M€*
Jaarlijkse hoeveelheid CO_2	-	-	-	-	*87190*	*ton/jr.*
Kosten per ton CO_2	**-**	**-**	**-**	**-**	*82*	**€/ton**

Tabel 9: Optimalisatie aansluiting 'hybride' case.

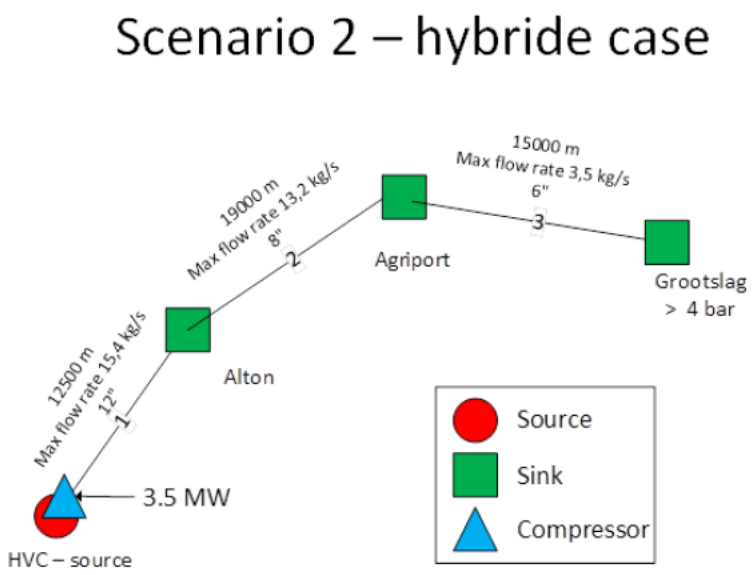
	Maximale Capaciteit				Totalen traject	Eenheid
Sectie nummer	Initiële compressie	1	2	3		
Compressie-vermogen	12662	-	-	-	12662	kW
Leiding-diameter	-	16	16	12	0	inch
Investeringskosten compressie	11,3				*11,3*	M€
Investeringskosten leiding		9,3	14,2	8,9	32,4	M€
Totale investeringskosten					*43,7*	*M€*
Jaarlijkse energiekosten	2,7	-	-	-	2,7	M€
Jaarlijkse compressiekosten	5,9	-	-	-	*5,9*	M€
Jaarlijkse leidingkosten	-	1,40	2,21	1,33	4,9	M€
Totale jaarlijkse kosten	-	-	-	-	13,5	*M€*
Jaarlijkse hoeveelheid CO_2	-	-	-	-	271775	*ton/jr.*
Kosten per ton CO_2	**-**	**-**	**-**	**-**	*50*	**€/ton**

Tabel 10: Optimalisatie aansluiting 'maximale' case.

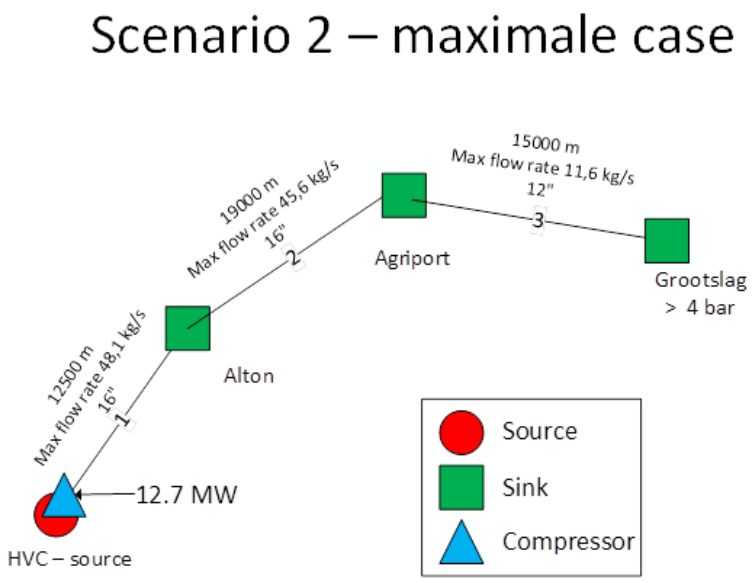
De transportkosten per ton CO_2 voor de 'maximale' case (€50), vallen een stuk lager uit dan voor de 'hybride' case (€82), waardoor er wederom een schaalvoordeel zichtbaar is. Omdat de leiding langer is dan in scenario 1 is het aandeel van de leiding in de investeringskosten t.o.v. de compressiekosten een stuk groter, zowel voor de 'hybride' case als de 'maximale case'. Dit zijn de kosten exclusief de kosten van het distributienet in de glastuingebieden (indicatief 1-2 €/ton).

Kostencomponent	Hybride case	Maximum case	Eenheid
Kosten afvang	60	60	€/ton
Kosten transport HVC-tuinders	82	50	€/ton
Kosten per ton CO_2	**142**	**110**	**€/ton**

Tabel 11: Totale kosten per ton CO_2 voor scenario 2.



Figuur 5-5: Scenario 2 'hybride case'.



Figuur 5-6: Scenario 2 'maximale case'.

5.3 Analyse afvangcentrale en buffercapaciteit leidingsysteem

Voor de afvangcentrale bij HVC wordt aangenomen dat deze overeenkomstig is met de afvangcentrale uit scenario 1 voor AEB, ondanks de verschillen in volumes en draaiuren. Dit betekent dat de prijs voor de afvang van een ton CO_2 op €60 zullen liggen. Daarnaast wordt voor de investeringskosten en jaarlijkse kosten aangenomen dat ze schaalbaar zijn met de hoeveelheid af te vangen CO_2.

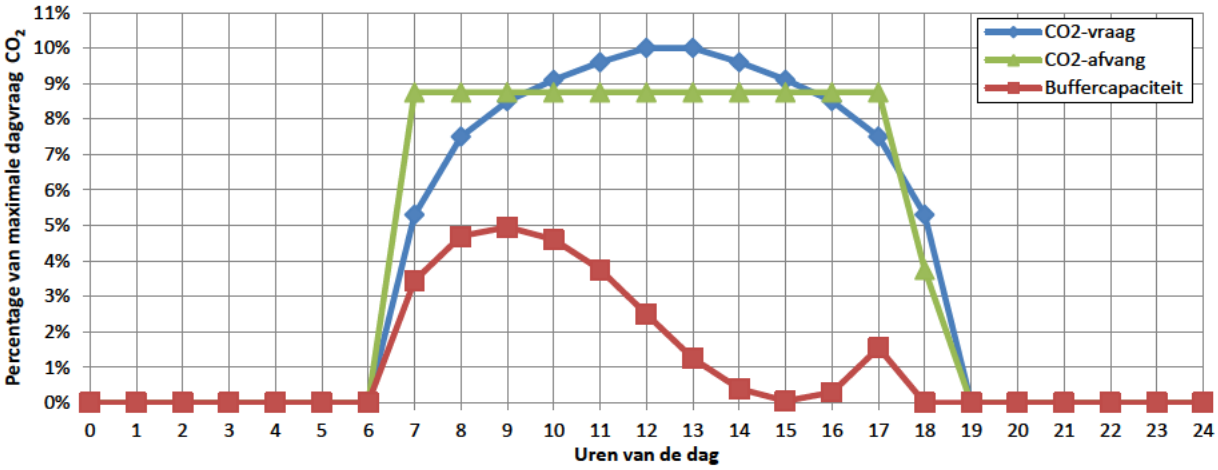
Afvangcapaciteit, buffercapaciteit en maximale compressordruk
De 'hybride' case heeft voor de maximale flow in de zomer een begindruk bij HVC nodig van ruim 7 bar. Dit resulteert uiteindelijk in een druk van ruim 4 bar bij Grootslag. Voor de 'maximale' case is de begindruk bij HVC ruim 15 bar en de einddruk bij Grootslag 5 bar. Er kan gebruik worden gemaakt van de bufferfunctie van de leiding om de fluctuerende vraag van de tuinders gedurende de dag te kunnen voorzien vanuit een afvangcentrale die op een constante afvangcapaciteit draait. De bufferfunctie van de leiding is de capaciteit die verkregen wordt door de leiding boven de minimale begindruk bij HVC (7 bar voor 'hybride', 15 bar voor 'maximale' case) te brengen. Dit betekent ook dat de compressoren in staat moeten zijn om deze hogere druk te kunnen leveren t.b.v. de bufferfunctie. Uit het verloop van vraag en aanbod van een zomerse dag kan worden bepaald hoe groot de benodigde buffercapaciteit minimaal moet zijn, en hoe hoog de maximale uitlaatdruk van de compressor moet zijn.

Voor het verloop van vraag en aanbod op een zomerdag worden een aantal randvoorwaarden aangenomen:

- de CO_2-vraag per uur is maximaal 10% van de dagvraag, zowel voor de 'hybride' als de 'maximale' case (ECW en Grootslag, 2011). Op basis hiervan is een CO_2-vraagprofiel aangenomen, welke gedurende 12 uur CO_2 vraagt en een piek heeft midden op de dag;
- de afvangcentrale dient op een constant afvangniveau te draaien;
- het bufferniveau moet groter dan 0 blijven zodat de druk altijd boven de minimale begindruk van de leiding blijft. Het maximum van het bufferniveau moet zo laag mogelijk zijn. Dit zorgt voor zo min mogelijk extra benodigd compressievermogen, en dus investerings-, afschrijvings- en energiekosten.

Het 'geoptimaliseerde' verloop van CO_2-vraag, -aanbod en -bufferniveau over de dag voor het aangenomen CO_2-vraagprofiel is weergegeven in Figuur 5-7. Dit betreft een theoretische benadering

van het dagverloop van CO_2-vraag en –aanbod: vanwege operationele gevoeligheden qua matching van vraag en aanbod zal er in de praktijk een hoger bufferniveau worden aangehouden.



Figuur 5-7: Geoptimaliseerd verloop CO_2-vraag, -aanbod en –buffer zomerdag.[10]

Uit het verloop van de CO_2-stromen gedurende de dag kunnen een aantal conclusies worden getrokken:

- er is minimaal een buffercapaciteit nodig in de leiding van 5% van de dagvraag. Voor de 'hybride en 'maximale' case betekent dit een capaciteit van respectievelijk 28 ton/dag en 94 ton/dag;
- de maximale compressordruk volgt uit de buffercapaciteit en is voor de 'hybride' en 'maximale' case respectievelijk 14 bar en 22 bar;
- de afvangcentrale moet draaien op 8,8% van de zomerse dagelijkse piekvraag gedurende 11,5 uur per dag; voor de 'hybride case' is dit een capaciteit van 49 ton/uur, voor de maximale case is dit 152 ton/uur;

Naast de geschiktheid van de afvangcentrale en het leidingsysteem, is het ook van belang dat er voldoende CO_2 per uur beschikbaar is bij HVC om aan de zomerse piekvraag te kunnen voldoen. HVC heeft een CO_2-productie van 510.000 ton per jaar. Aangenomen dat de centrale 95% van de tijd operationeel is betekent dit een gemiddelde CO_2-productie van 61 ton/uur. Dit betekent dat de 'hybride' case kan worden voorzien door de afvangcentrale. Voor de 'maximale' case is er gedurende de zomermaanden (juni, juli en augustus) echter een tekort aan beschikbaar CO_2 bij HVC. Voor dit probleem kunnen een aantal mogelijke oplossingen onderzocht worden:

- een opslagtank met vloeibare CO_2 (bijv. van Linde), dat wordt ingezet in de zomermaanden. Het gaat dan om ongeveer 23.500 ton per jaar en heeft een prijs van ongeveer 70-110 euro/ton CO_2 (DWA, 2013)
- een bufferreservoir/tank en een constante continue afvang gedurende het gehele jaar van ongeveer 31 ton/uur (=gemiddelde jaarvraag). Dit resulteert in een buffercapaciteit van ongeveer 100.000 ton.
- het niet aansluiten van tuinbouwgebied Grootslag.

Draaiuren

In de zomermaanden (juni, juli en augustus) zal de afvanginstallatie ongeveer 11,5 uur per dag draaien, ongeveer 48% van de dag. In de rest van het jaar zal de absolute vraag minder zijn waardoor het aantal draaiuren per dag van de afvanginstallatie gereduceerd kan worden. De dagvraag in de winter is voor de 'hybride' en 'maximale' case respectievelijk 40 ton/dag en 123 ton/dag. Het

[10] Verloop van CO_2-vraag, -aanbod en –bufferniveau over een zomerdag, geoptimaliseerd naar de randvoorwaarden en het aangenomen vraagprofiel.

buffersysteem heeft een capaciteit van 72% en 76% van de dagvraag in de winter, voor respectievelijk de 'hybride' en 'maximale' case. Dit betekent voor beide cases dat de afvanginstallatie in de winter maar ongeveer 50 minuten per dag hoeft te draaien. Gemiddeld over het jaar genomen zal de afvanginstallatie daardoor een draaiduur van ongeveer 25% hebben (gemiddeld 11,5 uur/dag operationeel in de zomer en 50 min./dag in de winter).

5.4 Samenvatting scenario berekening

Voor beide scenario's is aangenomen dat de afvang van CO_2 zal geschieden volgens het systeem van Huibers et al. (2013), wat resulteert in een kostprijs van afgevangen CO_2 van €60 per ton voor 61 kton/jr. De geleverde CO_2 heeft een zuiverheid van 99% wat overeenkomt met de OCAP kwaliteit. Een overzicht van de kosten voor het realiseren van de scenario's is weergegeven in Tabel 12.

Scenario	Sectie		Afvang	Compressie en transport	CO_2-kostprijs
			€/ton	€/ton	€/ton
1	AEB-OCAP	Hybride en Maximale case	60	24	85
	OCAP-Prima4A-Aalsmeer	Hybride case	vanuit OCAP	25	25 + OCAP-prijs
		Maximale case	vanuit OCAP	11	11 + OCAP-prijs
2	HVC-Alton-Agriport-Grootslag	Hybride case	60	82	142
		Maximale case	60	50	110

Tabel 12: Overzicht kostprijs per ton CO_2 voor het realiseren van de scenario's.

In scenario 1 wordt AEB aangesloten op OCAP, hierbij maken de compressorkosten veruit het grootste deel uit van de investeringskosten en operationele kosten. De prijs voor het comprimeren van het afgevangen CO_2 en het transport ervan naar het invoedpunt in de OCAP-leiding bedraagt €24 per ton CO_2. In potentie is er ongeveer 1 Mton CO_2 per jaar af te vangen bij AEB. Indien deze hoeveelheid bij OCAP ingevoed zou worden, zullen schaalvoordelen voor een reductie in afvang-, compressie- en transportkosten zorgen.

Het aansluiten van tuinbouwgebieden Prima4A en Aalsmeer op de OCAP-leiding resulteert in de 'hybride' en 'maximale' case in een kostprijs per ton CO_2 van respectievelijk €25 en €11. Er zal echter nog wel een aanvullende kostprijs gelden voor de geleverde CO_2 vanuit het OCAP-systeem. Hier is duidelijk een schaalvoordeel bij grotere hoeveelheden te transporteren CO_2 te zien. Er is geen extra compressie nodig om het CO_2 van de OCAP-leiding naar de afleverstations bij de tuinbouwgebieden te transporteren.

Voor de afvang van CO_2 in scenario 2 bij HVC is aangenomen dat dezelfde afvangtechnologie als in scenario 1 wordt gebruikt. Voor de ´hybride´ case zorgen compressie en het leidingsysteem samen voor een kostprijs van €82 per ton CO_2. De kostprijs van het comprimeren en transporteren van de CO_2 vanaf HVC in de 'maximale' case is €50 per ton CO_2. In de ´maximale´ case kan de afvang bij HVC in de maanden mei, juni en juli niet voorzien in de dagelijkse piekvraag omdat er momenteel niet voldoende CO_2 beschikbaar is. Om dit te verhelpen kunnen een aantal mogelijke oplossingen worden onderzocht. Ten eerste kan er gebruik worden gemaakt van additionele vloeibare CO_2 (bijv. uit een tank) in de zomermaanden, om in de piekvraag te kunnen voorzien. Ten tweede kan er meer buffercapaciteit in gebruikt worden, terwijl er continu op een constant niveau van de jaarlijkse gemiddelde CO_2-vraag wordt afgevangen. Overschotten worden zo opgeslagen in de buffer terwijl

tekorten worden aangevuld vanuit de buffer. Ten derde kan er worden gekozen om het laatste tuinbouwgebied, Grootslag, niet aan te sluiten om zo de vraag te reduceren.

5.5 Business case

Om tot een globale beoordeling van de business cases van de beoogde CO_2-transportketens te komen zullen de gespecificeerde investeringskosten en jaarlijkse kosten voor het afvangen en transporteren van CO_2 gebruikt worden zoals berekend in dit hoofdstuk. Op basis van deze gegevens en de te realiseren marges door de betrokken partijen zal een globale beoordeling van de business cases worden gedaan door o.a. een indicatie van de verkoopprijs van CO_2 te geven.

Om tot een verkoopprijs te komen worden de volgende aannames gedaan:

- elke partij wenst een marge van 15% te realiseren op het produceren en transporteren;
- de OCAP-prijs voor CO_2 varieert tussen €38 en €72 euro per ton (Prijspeil uit 2010; Europese Commissie, 2010);

Om globaal in te schatten of er een competitieve business case zal ontstaan voor de scenario's zal een vergelijking worden gemaakt met de OCAP prijs (€38-€72 per ton CO_2, afhankelijk van afname) en/of vloeibare CO_2-levering (€70-€110 per ton CO_2, afhankelijk van transportafstand en afname) (DWA, 2013). Het is onduidelijk of bij de kosten voor vloeibare CO_2 ook bijkomende kosten zoals voor het verdampen van CO_2 en huur voor de CO_2-tank en zijn meegenomen.

Scenario 1: AEB-OCAP

Het eerste gedeelte van scenario 1 bestaat uit het afvangen van CO_2 bij AEB, het comprimeren en het transporteren van deze CO_2 naar de bestaande OCAP-leiding. In dit scenario is AEB de producent en OCAP de transporteur, welke beide een marge van 15% op hun kosten willen realiseren. De totale verkoopprijs van CO_2 vanuit AEB geleverd aan OCAP zal €97 per ton zijn t.o.v. €38-€72 voor CO_2 van OCAP en €70-110 voor vloeibare CO_2 van Linde. Dit is gebaseerd op een beperkt afvangvolume van 61 kton CO_2 per jaar. Vanwege de hogere verkoopprijs van CO_2 van AEB aan OCAP (€97 per ton) lijkt de aansluiting van AEB op OCAP met deze transportvolumes nog geen gezonde business case. Dit is vooral te wijten aan de hoge afvang- en compressie-kosten. Deze prijs zit aan de bovenkant van de verkoopprijs van vloeibare CO_2-levering. Het verschil met de bestaande levering door OCAP bedraagt minimaal €25 per ton CO_2. De afvang-, compressie- en transportkosten per ton CO_2 kunnen dalen door schaalvoordelen als de jaarlijkse afvang wordt vergroot (maximaal 1 Mton/jr.). Wanneer er uitgegaan wordt van de maximaal gevraagde hoeveelheid CO_2 is de prijs mogelijk wel concurrerend. Een eventuele subsidie zou de prijs nog verder kunnen reduceren.

OCAP-Prima4A-Aalsmeer

Het tweede gedeelte van scenario 1 bestaat uit het aansluiten van Prima4A en Aalsmeer op de OCAP-leiding. Voor de verkoopprijsberekening is uitgegaan van de basisprijs en basisprijs range (€38-€72 per ton CO_2) van OCAP als bron voor het CO_2 in de 'hybride' en 'maximale' case. Er is aangenomen dat OCAP de transporteur is in deze case. De verkoopprijzen voor CO_2 voor de 'hybride' en de 'maximale' case liggen respectievelijk in de range van €67-€101 en €51-€85 per ton CO_2, afhankelijk van de basisprijs range van OCAP waar de CO_2 wordt 'ingekocht'. De prijzen zijn lager dan of vallen binnen de prijsrange voor de levering van vloeibare CO_2. Afhankelijk van de transportafstanden en afgenomen hoeveelheden kan er dus een gezonde business case ontstaan voor dit deel van scenario 1, mits er voldoende CO_2 beschikbaar is voor OCAP om de tuinbouwgebieden te voorzien. Een optie zou zijn om de uitbreidingskosten naar Prima4A en Aalsmeer te verrekenen over de volledige CO_2-levering van OCAP. De kosten zouden dan ook verdeeld worden over de rest van de jaarlijkse CO_2-transportcapaciteit van OCAP, zo'n 400 kton, wat de business case nog competitiever zou maken. In de 'hybride' en 'maximale' case wordt respectievelijk 69 kton en 216 kton getransporteerd.

Scenario 2
Scenario 2 bestaat uit het aansluiten van HVC op Alton, Agriport en Grootslag. In dit geval is HVC de CO_2-producent en is er een CO_2–transporteur. Aangenomen is dat beide een marge van 15% willen realiseren. Bij de 'hybride' case zijn de kosten voor transport groter dan de afvangkosten waardoor een verkoopprijs van €163 per ton CO_2 wordt gerealiseerd. Bij de 'maximale' case is de prijs €127 per ton CO_2. Hierbij dient nog wel te worden aangetekend dat er in de zomermaanden niet voldoende CO_2 bij HVC beschikbaar is om aan de zomerse piekvraag van de drie tuinbouwgebieden te voldoen. De prijzen voor beide cases zijn significant hoger dan de referentiecases en vormen dus nog geen gezonde business case. Het minimale prijsverschil van de 'hybride' en 'maximale' case met de OCAP-referentie is respectievelijk €91 en €55 per ton. Het minimale prijsverschil van de 'hybride' en 'maximale' case met de referentie van vloeibare CO_2-levering is respectievelijk €53 en €17 per ton CO_2. Door middel van subsidie zou mogelijk een competitieve business case gerealiseerd kunnen worden.

5.6 Discussie

In dit onderzoek wordt uitgegaan van een transportsysteem dat wordt uitgelegd op maximale flow condities. Deze situatie zal zich voordoen tijdens de maximale piekvraag in de zomer. Wanneer er daadwerkelijk het engineering en design proces wordt ingegaan dienen alle mogelijke situaties grondig geanalyseerd te worden. Na een zorgvuldige afweging van deze situaties en de bijbehorende technische en economische implicaties kan uiteindelijk een ontwerp gekozen worden dat mogelijk kostenefficiënter is dan het ontwerp dat uitgaat van de maximale flow condities. Daarom dient benadrukt te worden dat het hier om een indicatieve scenario-ontwikkeling gaat. Zo biedt de beperkte vraag van CO_2 door de tuinders in de nacht in combinatie met het buffervermogen van de CO_2-leiding wellicht interesseante mogelijkheden voor een technische en economische optimalisatie.

5.7 Conclusie

- De aansluiting van AEB aan OCAP binnen scenario 1 heeft met een commerciële CO_2-prijs van €97 per ton CO_2 nog geen gezonde business case (op basis van 61 kton CO_2-afvang en -levering per jaar).

- De aansluiting van AEB op OCAP bij afvang en levering van de volledige CO_2-behoefte van 221 kton CO_2 per jaar kan mogelijk wel een goede business case opleveren door de te behalen schaalvoordelen.

- De koppeling van de tuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid aan OCAP binnen scenario 1 heeft met een commerciële CO_2-transportprijs €51-€85 per ton CO_2 een gezonde business (op basis van de maximale case).

- De koppeling van HVC aan de glasdriehoek (scenario 2) heeft met een commerciële CO_2 prijs van €127 per ton CO_2 geen gezonde business case (op basis van de maximale case).

- De kosten zijn exclusief de kosten van het distributienet in de glastuingebieden. Deze zijn afhankelijk van de individuele glastuingebieden en bedragen indicatief 1-2 €/ton CO_2.

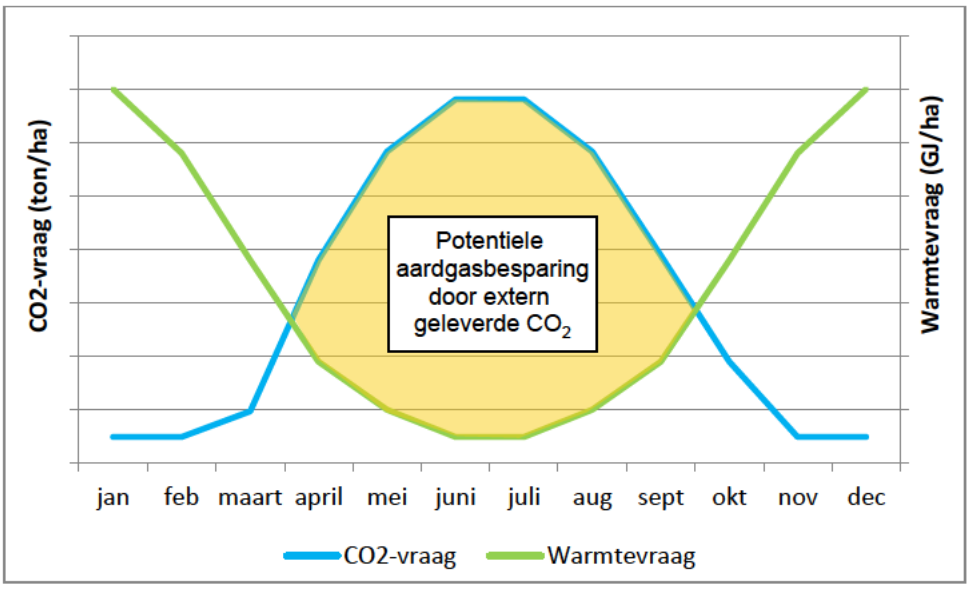
- In scenario 1 heeft HVC momentaan onvoldoende CO_2 beschikbaar voor de pieklevering aan de tuinbouwgebieden voor een aantal dagen in de zomerperiode.

6 Globale analyse van de effecten van het project op CO_2-emissies

Op basis van de informatie uit voorgaande hoofdstukken zal globaal gekwantificeerd worden wat de effecten zijn van CO_2-afvang, -transport en -levering aan tuinders op de CO_2-emissiereductie en werkgelegenheid. De analyse is op hoofdlijnen uitgevoerd voor Scenario 2 (Glasdriehoek) dat gekenmerkt is door de hoogste te transporteren CO_2-hoeveelheden. Er wordt hierbij enkel gekeken naar effecten binnen glastuinbouwsector.

6.1 Methode

WKK's in de glastuinbouw worden hoofdzakelijk voor twee doeleinden gebruikt, namelijk de productie van warmte en de productie van CO_2. Daarnaast vindt coproductie van elektriciteit plaats die ingezet wordt voor eigen gebruik of levering aan het net. In Figuur 6-1 is de vraag naar warmte (en dus naar aardgas) voor de WKK gedurende één jaar vergeleken met de vraag naar CO_2. In de wintermaanden worden WKK's voornamelijk gebruikt voor de verwarming van de kassen terwijl de (piek)gasvraag in de zomer voornamelijk gebaseerd is op de benodigde hoeveelheid CO_2.



Figuur 6-1: Indicatieve CO_2- en warmtevraag van een kassencomplex gedurende één jaar.[11]

Door CO_2 uit externe bronnen in te zetten in de glastuinbouw hoeven de WKK's in de zomer minder te draaien hetgeen een besparing aan aardgas en dus een CO_2-emissiereductie oplevert. Deze studie zal globaal kwantificeren hoe groot de impact is van extern geleverde CO_2 op de hoeveelheid draaiuren van de WKK's en een schatting geven van de resulterende besparing van energie en CO_2.

6.2 CO_2-besparing door vermeden aardgasverbruik

Voor de bepaling van de vermeden aardgasinzet ten gevolge van externe levering van CO_2 wordt als eerste stap een schatting gemaakt van het te verwachten opgesteld vermogen van WKK's in de Glasdriehoek. Uitgangspunt is het areaal dat naar verwachting voor de glastuinbouw gebruikt gaat worden in 2024. Dit is aangenomen met 776,5 ha.

[11] *Zie ECW en Grootslag 2011.*

WKK's van tuinders waren begin 2012 in gebruik op circa 7.000 ha in Nederland met een totaal opgesteld vermogen van ca. 3.000 MW_{el}. Het gemiddelde vermogen per hectare kas lag dus bij 0,429 MW_{el}/ha (van der Velden & Smit, 2013). Extrapolerend voor de gehele Glasdriehoek wordt het opgestelde WKK-vermogen op ca. 335 MW_{el} geschat.

	Referentiecase (CO_2 alleen uit WKK)	Externe CO_2-levering	Verschil Referentiecase vs. Externe CO_2-levering
Opgesteld vermogen WKK, MW_{el}	335	335	-
Vollasturen, uur	4.000[a)]	2.250[b)]	-1.750
Schatting aardgasverbruik*, PJ/jr	11,7[c)]	6,6[c)]	- 5,1
Schatting CO_2-emissies i.v.m. aardgasverbruik, kton/jr	663[d)]	373[d)]	- 290

a) Bron: (van der Velden & Smit, 2013)
b) Het effect van externe CO_2-levering op het aantal draaiuren van de WKK's in de glastuinbouw is met -1.750 uur/jr gekwantificeerd. (Kosse, 2013) Dit getal is ook voor deze studie aangehouden.
c) Bij een elektrisch rendement van 41%(Wetzels, 2011)
d) Voor aardgas is een emissiefactor van 56,7 kg CO_2/GJ aangehouden (Vreuls, 2004)

Tabel 13: Aardgasinzet en CO_2-emissies voor de referentiecase en externe levering van CO_2

Zoals in Tabel 13 is weergegeven, zal de externe levering van CO_2 aan het Glasdriehoek resulteren in een lager aardgasverbruik van 5,1 PJ/jr: ongeveer 161 miljoen m^3 aardgas per jaar. Dat heeft als gevolg dat de CO_2-emissies i.v.m. de inzet van WKK's in het Glasdriehoek met 290 kton/jr dalen. Op het areaal van 776 ha is dit 374 ton CO_2 per ha per jaar.
Het wordt echter benadrukt, dat deze uitkomsten het resultaat zijn van een schatting en maar één aspect van de CO_2-balans weergeven. Zo zijn er binnen de sector een aantal effecten die deze directe CO_2-besparing beperken. Er is hierbij gekozen om de CO_2-besparing vanuit de glastuinbouwsector te beschouwen. Neveneffecten op de afvang en levering van CO_2 aan tuinders die van belang zijn voor de CO_2 reductie binnen de sector zijn:

- **Rendementsverlies door afvang**: De afvangst van CO_2 is met significante rendementsverliezen verbonden. Het rendementsverlies in de afvalverbrandingsinstallatie (AVI) mag aangenomen worden gelijk te zijn aan het rendementsverlies dat in een bruinkoolcentrale op zou treden. De gegevens die hiervoor beschikbaar zijn variëren sterk (7% - 18,2%) afhankelijk van de afvangsttechnologie (Marx, et al., 2011). De aard van de afgevangen CO_2 uit de AVI is wel van belang bij dit aspect: 50% van de CO_2-uitstoot van een AVI is van biogene oorsprong en mag als "groen" beschouwd worden. Dit moet meegenomen worden in de bepaling van de emissies ten gevolge van het afvangen van de CO_2.
- **Energieverbruik compressor:** Het energieverbruik van de compressoren om het CO_2 van atmosferische druk op transportdruk te brengen.
- **Lekverliezen tijdens transport**: Er is een grote onzekerheid over hoeveel CO_2 tijdens het transport ontsnapt uit het systeem i.v.m. incidenten of fluctuatie in de vraag.
- **Energieverbruik tijdens de aanleg**: De bouw van een CO_2-afvangstinstallatie en een transportnetwerk; zowel de productie van de materialen als de bouw resulteren in CO_2-emissies.

6.3 Werkgelegenheid door CO_2-transport

CO_2 afvang en transport naar tuinders heeft niet alleen een effect op de CO_2-emissies. Ook de werkgelegenheid in Noord-Holland zal een impuls krijgen. Het is niet mogelijk om binnen deze studie de werkgelegenheidseffecten kwantitatief te bepalen. De effecten zullen kwalitatief beschouwd worden op basis van de investeringen in en operatie van het CO_2-transportsysteem.

De effecten op de werkgelegenheid zijn onder te verdelen in tijdelijke en permanente effecten. Tijdelijk is er werkgelegenheid ten gevolge van de bouw van de afvangstcentrale en het transportnetwerk.

Permanente werkgelegenheid ontstaat bij operatie en beheer van het hele systeem. Beide worden geschat aan de hand van de kosten van de investeringen. Onderstaande tabel presenteert de te verwachten investeringen die verbonden zijn met de bouw van de afvangcentrale en het transportnetwerk.

Activiteit	CAPEX (in M€)	OPEX (in M€/jr)
Bouw en operatie van de afvangstcentrale	111**	16**
Bouw en operatie van het transportnetwerk	44*	14*

* indicatief
** heel indicatief (gegevens van een referentiecentrale gebruikt met toepassing van een schaalfactor)
Tabel 14: Investerings- en operationele kosten realisatie maximale case Scenario 2.[12]

De totale investeringsimpuls die het bouwen van de afvangstcentrale en het transportnetwerk met zich meebrengt bedraagt in totaal ongeveer 155 miljoen euro. De jaarlijkse kosten voor operatie en onderhoud bedragen ongeveer 30 miljoen euro. De bestedingsimpuls zal voor een groot deel bij de bouwsector terecht komen. Hierbij kan gedacht worden aan activiteiten in de staal- en cementindustrie, machinebouw, aannemers voor het plaatsen van de leidinginfrastructuur en toeleveranciers voor materialen en componenten. Een deel van de investering zal terechtkomen bij architecten en ingenieurs. De investeringen zullen ook een effect op de werkgelegenheid hebben. De primaire economische gevolgen met betrekking tot werkgelegenheid gegenereerd door het bouwproces zijn:

- Directe werkgelegenheid op de site voor de bouw en operatie van de afvangcentrale en het transportnetwerk
- Indirecte werkgelegenheid met betrekking tot levering van materialen en diensten aan het bouwproces evenals onderhoudswerkzaamheden

Geïnduceerde werkgelegenheid gegenereerd door de uitgaven van de behaalde inkomsten in de lokale economie. De omvang van deze effecten zal afhangen van veel onbekende factoren, met inbegrip van het percentage van de apparatuur ter plaatse aangekocht, de relaties tussen bedrijven en leveranciers en het vermogen van lokale leveranciers om de behoeften van deze bedrijven te voldoen. Een deel van de constructie diensten kunnen lokaal gehuurd worden, daarnaast kan het nodig zijn dat technische apparatuur wordt gekocht op nationale of internationale markten. Deze uitgaven zullen dus niet de lokale economie versterken. Als gevolg daarvan is het effect op de tijdelijke werkgelegenheid niet precies te bepalen met de beschikbare informatie.

Een referentie zou de OCAP leiding kunnen zijn wiens socio-economisch effect wordt ingeschat op enkele honderden banen bij een investering van enkele honderden miljoenen Euro's (Ripson, 2013). Dit geeft een ordegrootte van de werkgelegenheid die i.v.m. de realisatie van CO_2-hergebruikprojecten gegenereerd kan worden. Een groot deel van het netto werkgelegenheidseffect zal echter vooral op korte termijn optreden. De permanente effecten op de werkgelegenheid van het CO_2 transportsysteem zijn veel kleiner. De operatie en het beheer van het transportsysteem kan met een beperkt aantal mensen uitgevoerd worden. Daarbij kunnen deze activiteiten waarschijnlijk geïntegreerd worden in bestaande organisaties. De directe aanvullende werkgelegenheid is daardoor beperkt.
De indirecte werkgelegenheid binnen de sector kan echter wel sterk groeien. Wanneer er door de externe CO_2-levering een positief vestigingsklimaat ontstaat zal de sector groeien wat tot een toename in het aantal arbeidsplaatsen zal leiden.

[12] *Indicatieve investerings- en operationele kosten voor de realisatie van de maximale case van Scenario 2 (Glasdriehoek).*

6.4 Conclusie

- De CO_2-besparing door externe CO_2-levering aan kassen wordt vanuit de glastuinbouwsector beschouwd. De maximale CO_2-besparing wordt hierbij bepaald door de verminderde inzet van WKK's door externe CO_2-levering. Deze bedraagt indicatief 374 ton/ha/jaar (exclusief neveneffecten binnen de transportketen).

- De maximale CO_2-besparing wordt beperkt door neveneffecten zoals het extra energiegebruik voor de afvang en compressie van CO_2. Deze zijn niet gekwantificeerd.

- De directe toename van de werkgelegenheid door de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem zit vooral in de realisatie van dit CO_2-transportsysteem.

- De indirecte werkgelegenheidseffecten door de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem kunnen groot zijn door het positieve imago en vestigingsklimaat voor tuinders. Deze zijn niet gekwantificeerd.in deze studie.

7 Hoofdconclusies

- Er zijn verschillende grote (>50 kton/jaar) CO_2-bronnen aanwezig in Noord-Holland. De grote bronnen concentreren zich vooral rond IJmuiden en Amsterdam.

- De glastuinbouw is de enige sector met een voldoende grote CO_2-vraag voor levering van CO_2 via buisleidingen. In deze studie is daarom enkel naar de glastuinbouw gekeken als potentiele afnemer van CO_2.

- Er zijn zowel binnen het domein van Alliander als daarbuiten geen geschikte weesleidingen of andere bestaande leidingen geïdentificeerd die beschikbaar zijn voor CO_2-transport in Noord-Holland.

- Zowel de publieke opinie als de te handhaven veiligheidsafstanden kunnen een belemmering vormen voor de huidige tracékeuze van het CO_2-transportsysteem binnen de gedefinieerde scenario's.

- In het te ontwikkelen transportsysteem zijn verschillende rollen geïdentificeerd. Alliander kan hierin de netbeheerstaak vervullen.

- De aansluiting van AEB op het OCAP-netwerk (scenario 1) heeft met een commerciële CO_2-prijs van €97 per ton CO_2 nog geen uitzicht op een gezonde business case (op basis 61 kton CO_2-afvang per jaar). Door schaalvoordelen kunnen deze kosten lager worden wanneer er meer wordt afgevangen en geleverd.

- De koppeling van de tuinbouwgebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid op het OCAP-netwerk (scenario 1) heeft met een commerciële CO_2-transportprijs €51-€85 per ton CO_2 uitzicht op een gezonde business case (op basis van de geschatte maximale CO_2-vraag).

- De ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem door koppeling van HVC aan de glasdriehoek (scenario 2) heeft met een commerciële CO_2-prijs van €127 per ton CO_2 geen uitzicht op een gezonde business case (op basis van de geschatte maximale CO_2-vraag).

- De maximale overall CO_2-besparing wordt beperkt door neveneffecten zoals het extra energiegebruik voor de afvang en compressie van CO_2. Deze zijn niet gekwantificeerd in deze studie.

- De directe toename van de werkgelegenheid door de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem zit vooral in de realisatie, operatie en onderhoud van dit CO_2-transportsysteem.

- De indirecte werkgelegenheidseffecten door de ontwikkeling van een CO_2-transportsysteem kunnen groot zijn door het positieve imago en vestigingsklimaat voor tuinders. Deze vallen buiten de scope van dit onderzoek en zijn niet nader gekwantificeerd.

8 Discussie

- Op basis van de verkoopprijsopbouw kan worden gesteld dat het aansluiten van Prima4A en/of Greenport Aalsmeer op het OCAP-netwerk kan leiden tot een gezonde business case. Een voorwaarde hiervoor is wel dat er voldoende CO_2 beschikbaar is vanuit het OCAP-netwerk voor de levering aan deze tuinbouwgebieden.

- Bij de ontwikkeling van het leidingnet is het aan te bevelen uit te gaan van de te verwachten lange termijn maximale transportbehoefte. Dit om de maximale groei in CO_2-vraag te kunnen invullen. De mogelijkheden voor het uitbreiden van de transportcapaciteit van het leidingnet na realisatie zijn beperkt.

- Om tot een gedetailleerde begroting en business case te komen zullen de kosten en baten in de tijd uitgezet moeten worden. Zeker gezien de tuinbouwgebieden nog niet volledig ontwikkeld zijn en de bestaande tuinders nog eigen CO_2-productie hebben zal de CO_2-vraag in de opstartfase laag zijn. De kostprijs per ton CO_2 zal daarmee in de opstartfase van het project hoger zijn.

- Om een goed beeld te krijgen van de waarde van CO_2-levering voor tuinders zal de warmte- en elektriciteitsbehoefte en -levering meegenomen moeten worden in de ontwikkeling van het CO_2-transportsysteem.

- De transportkosten in scenario 2 (HVC – Glasdriehoek) zijn hoog vanwege de grote tracélengte van 47 km. De sector geeft aan op zoek te zijn naar bedrijven die vanwege hun proces CO_2 produceren die zich in de tuinbouwgebieden willen vestigen. Op deze manier kunnen de transportkosten vermeden worden. Zeker wanneer ook de warmte en elektriciteitsproductie afgestemd kunnen worden met de tuinders kan dit voor alle partijen synergievoordelen hebben.

- De dimensionering van het CO_2-transportsysteem is nu gebaseerd op de piek vraag in de zomer. Aangezien de vraag gedurende de dag-nacht varieert en ook een sterke seizoen variatie heeft kan het systeem mogelijk nog geoptimaliseerd worden door toepassing van aanvullende buffering in het net.

- Er is in deze studie uitgegaan van CO_2 levering vanuit afvalverbrandingscentrales HVC en AEB omdat deze geografisch het dicht bij de CO_2-afnemers liggen. Mogelijk is het economisch interessant om CO_2 te betrekken vanuit Tata steel te IJmuiden. Dit vanwege de samenstelling en beschikbare volumes CO_2 waardoor andere afvangtechnieken toegepast kunnen worden.

- Gedurende de uitvoering van dit onderzoek is gebleken dat er veel informatie beschikbaar is over CO_2-besparing en -levering aan kassen. Niet alle informatie is beschikbaar gekomen. Het is daarom wenselijk om bij aanvang van een eventueel vervolgproject een goede literatuurstudie te doen naar de beschikbare informatie.

9 Aanbeveling

- Het is aan te bevelen de initiatiefase in te gaan voor CO_2-levering aan de gebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid door aansluiting op OCAP. Deze fase moet in elk geval het volgende omvatten:
    - Literatuurstudie naar de beschikbare studies en informatie
    - Een consortium inclusief taken en rollenverdeling voor de ontwikkeling van dit CO_2-transportsysteem
    - het betrekken van de lokale overheden en belanghebbenden in de planvorming
    - Een gedetailleerd leiding- en systeemontwerp incl. distributienet rekening houdend met de benodigde veiligheidsafstanden
    - Een begroting op basis van aanbiedingen voor de realisatie van het leidingsysteem
    - Een kosten-baten planning
    - Een business case op basis van de kosten-baten planning
    - Een overzicht van de benodigde vergunningen en procedures incl. geschatte doorlooptijden
    - Een go/nogo besluit voor realisatie de realisatiefase

- Het is aan te bevelen om in samenspraak met de sector naar mogelijkheden te zoeken voor CO_2-levering in de Glasdriehoek. Hierin dient onder andere gekenden te worden naar:
    - mogelijkheden om CO_2-producerende bedrijven zich in de tuinbouwgebieden te laten vestigen
    - de mogelijkheden en waarde van gecombineerde alternatieve CO_2, warmte- en elektriciteitsproductie en -levering

- Het is aan te bevelen onderzoek te doen naar de mogelijkheden van goedkopere CO_2–afvang en levering vanuit IJmuiden. Hierin dient onder ander gekeken te worden naar
    - de geplande aansluiting van het bestaande OCAP netwerk op de Chevron-leiding
    - de extra CO_2-behoefte van OCAP voor levering aan bestaande en nieuwe klanten

10 Literatuurlijst en overige referenties

Couper, J.R., 2003. *Process engineering economics.* Marcel Dekker, New York

ECW en Grootslag, 2011. *CO_2-behoefte Glasdriehoek.*

Huibers, M. et al., 2013. *CO_2-afvangst met membranen uit AEB rookgassen.* DNV KEMA.

Noord-Holland, 2012. *Financiën en resultatentabel Agenda Landbouw & Visserij 2012-2015.*

OCAP, 2009. *Installatiehandleiding AS1.* http://ocap.media-factory.nl/files/OCAP-DOC-091109-HdW%20Installatiehandleiding%20AS1.pdf

PrimA4a, 2014. *Website primA4a. http://www.Prima4A.nl/prima4a.php*

Geerdink, P., 2010. *HotCO2 voor ontkoppelde warmte en CO_2 in de glastuinbouw,* Zoetermeer: TNO.

Kosse, A., 2013. *CO_2 -voorziening glastuinbouwgebieden Greenport Venlo,* sl: sn

Ripson, P., 2013. *CO_2-hergebruik*. Available at: http://www.deltalingsenergyforum.nl/documents/2012/10-LOC-2012-13_CO2-hergebruik.pdf

Segers, R., 2014. *Rendementen en CO_2-emissie van elektriciteitsproductie in Nederland, update 2012,* sl: CBS.

te Buck, S., van Keulen, B., Bosselaar, L. & Gerlagh, T., 2010. *Protocol Monitoring Hernieuwebare Energie,* sl: Agentschap NL.

van der Velden, N. & Smit, P., 2013. *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2012,* Den Haag: LEI Wageningen UR.

Vreuls, H., 2004. *Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO_2- emissiefactoren,* sl: SenterNovem.

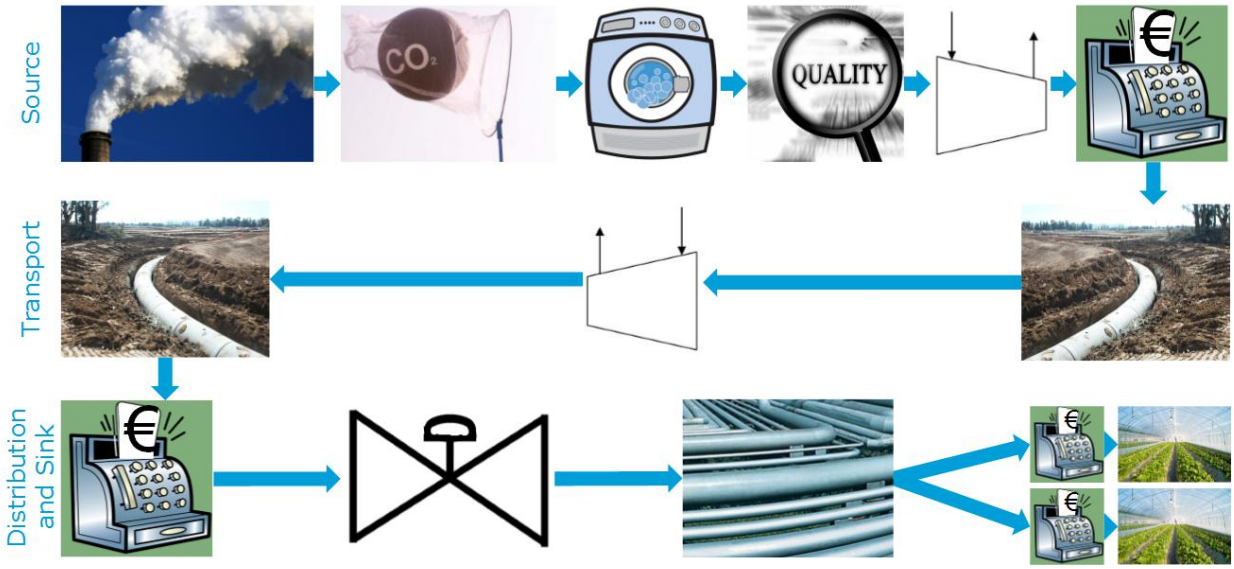
DWA, 2013. *CO_2-voorziening glastuinbouwgebieden Greenport Venlo*. http://www.tuinbouw.nl/sites/default/files/147680%20CO2%20onderzoek%20Venlo.pdf

Europese Commissie, 2010. Steunmaatregel N 208/2010 – Nederland. *Steun voor CO_2-levering in de Zuidplaspolder*. http://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases/236431/236431_1209147_69_2.pdf

Bijlage 1: Identificatie functionaliteiten & ontwerpcriteria

1.1 Functionaliteiten

De onderscheiden functionaliteiten in de transport-technische en commerciële processen van de keten zijn schematisch weergegeven in Figuur 1-1 en worden daarna verder toegelicht.



Figuur 1-1: Benodigde functionaliteiten voor een CO_2 transportketen.

Met de stroom mee, kunnen meer in detail de volgende functionaliteiten worden onderkent:

- **CO_2-afvangst bij de bron**. Hierbij wordt CO_2 bij productieprocessen afgescheiden met bijvoorbeeld amines, membranen of cryogene technieken.
- **CO_2-conditionering**:. De afgevangen CO_2 bevat doorgaans nog verontreinigingen zoals water en stikstof. Deze verontreinigingen dienen in voldoende mate te worden verwijderd om te voldoen aan de kwaliteitseisen van de afnemers en om geen gevaar voor aantasting van de integriteit van het pijpleidingensysteem te vormen.
- **Check samenstelling**. Voordat het CO_2 aan de transporteur wordt aangeboden dient te worden gecontroleerd of de samenstelling voldoet aan de contractuele afspraken. Over de specificaties, hoe met meetresultaten omgegaan dient te worden en over vervolg acties dienen tussen de partijen afspraken te worden gemaakt.
- **Compressie**. Om CO_2 efficiënt te transporteren, dient het doorgaans te worden gecomprimeerd. Dit is een onderdeel van het optimalisatie vraagstuk van het transportsysteem.
- **Bepaling hoeveelheid**. De hoeveelheid CO_2 die wordt getransporteerd dient te worden gemeten voor comptabele en operationele doeleinden.
- **Transport- en profielmatching**: Het daadwerkelijk transporteren van het CO_2 en het “gladstrijken” van een eventueel tijdelijk verschil tussen vraag en aanbod. De condities (druk en temperatuur) waarbij het CO_2 wordt getransporteerd staan in directe relatie tot de kosten van transport. Omdat de profielen van CO_2-productie en -afname doorgaans niet gelijk zullen zijn, heeft de transportleiding ook de functie van een tijdelijke buffer. Deze wordt gevuld als de momentane productie de vraag overschrijdt, en die wordt ontbufferd als de momentane vraag groter is dan de productie. Bij de dimensionering van de pijpleiding dient met deze bufferwerking rekening te worden gehouden.

Indien CO_2 over langere afstanden (bijvoorbeeld meer dan 50 km) wordt getransporteerd kan er een dusdanig drukverlies over de lengte van de leiding optreden dat er tussentijds gecomprimeerd dient te worden.

- **Overslag**. Op het CO_2-overslagpunt, wordt CO_2 vanuit het transportsysteem (hoge druk) naar het CO_2-distributiepijpleidingensysteem (lage druk) gebracht. De functies op dit overslagpunt hangen af van de situatie, en kunnen bestaan uit:
    - Drukreductie. Eventueel kan ook verwarming van CO_2 noodzakelijk zijn in het geval van een significante drukreductie,
    - Meten voor comptabele en operationele doeleinden,
    - Check de samenstelling indien meerdere CO_2-bronnen zijn aangesloten op de transportleiding en indien het eigenaarschap van het CO_2 hier overgaat naar een andere partij.
- **Distributie van het CO_2 vanaf het overslagpunt naar de diverse afnemers**. De distributie vindt doorgaans bij een lagere druk plaats dan het transport.
- **Aflevering en comptabele metingen bij de afnemers**. Vanaf dit punt is het CO_2 eigendom van de afnemer, die het CO_2 in zijn kassen zal verspreiden.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat de plaats van de comptabele metingen en compressie direct na conditionering in de keten vooralsnog niet vaststaan: indien ervoor wordt gekozen dat de CO_2-transporteur ook zorgdraagt voor de conditionering en/of compressie bij de ingang van de transportleiding, kan de comptabele functie in de keten opschuiven. Evenzo kan, indien het transport en de distributie van het CO_2 in één hand zijn, de comptabele meting en de check van de samenstelling op het overslagpunt wellicht niet nodig zijn.

1.2 Jaarvolume

Een eerste check betreft de jaarvolumes van vraag en aanbod: deze dienen bij voorkeur min of meer overeen te komen. Een eventueel overschot aan CO_2-productie zou alsnog uitgestoten kunnen worden, maar het streven is om dit te minimaliseren. Eventuele tekorten zouden met bijvoorbeeld een CO_2-tank kunnen worden opgelost. We kiezen voor het criterium dat een bron minstens 50 kton/jaar CO_2 dient te leveren om in deze studie als optie te worden meegenomen. Dit, omdat de vraag van een representatief tuinbouwgebied als Agriport Wieringermeer per 2015 al 50 kton/jaar kan bedragen: de HVC Stedin Joulz Studie geeft de volgende CO_2-behoefte aan voor Agriport Wieringermeer:

- 21 kton/jaar gemiddeld (2011) (max. 27 kton/jaar)
- 66 kton/jaar gemiddeld (verwachting 2018) (max. 86 kton/jaar)

Combinaties van meerdere bronnen beschouwen zou vanuit economisch oogpunt waarschijnlijk geen kansrijke opties opleveren en de studie aanzienlijk compliceren.

1.3 Afstanden tussen bron en afnemers

De afstand tussen bron en afnemer is natuurlijk een belangrijk aspect voor de haalbaarheid gezien onder meer de invloed op de kosten. Bij langere afstanden kan tussentijdse compressie nodig zijn. Ook is het van belang om mogelijke obstakels mee te nemen in de tracébeoordeling zoals dichtbevolkte gebieden, waterwegen en industrie.

1.4 Tracé en veiligheid

Terrein, waterwegen, bestaande leidingstraten, andere infra, bebouwing, bevolkingsdichtheid en natuurgebieden dienen te worden meegenomen in de ontwikkeling van de optimale route van de pijpleiding. Veiligheidsafstanden tot bebouwing en objecten kunnen een belangrijke rol hebben bij het vaststellen van de route.
De veiligheid moet gegarandeerd kunnen worden binnen de daarvoor geldende wettelijke kaders, zoals de Bevb (besluit externe veiligheid buisleidingen). Dit houdt bijvoorbeeld in dat de 10^{-6}-plaatsgebonden risicocontour niet verder dan 5 meter uit het hart van de buisleiding mag liggen[13]. De risicocontouren kunnen worden beïnvloed door bijvoorbeeld de leiding dieper te leggen, de leiding af te dekken met betonplaten en door een dikkere leidingwand te nemen. De veiligheidsvereisten kunnen dus invloed hebben op het tracé en daarmee de lengte van een transportleiding, bijvoorbeeld als een dichtbevolkt gebied vermeden dient te worden.

1.5 Productie- en afnameprofielen

Naast het matchen van jaarlijkse CO_2-productie en -afname tussen bron en afnemer(s), is het ook van belang dat de profielen van de bron en afnemer(s) over kortere tijdsintervallen voldoende overeenkomen. Eventueel kan de transportleiding zelf nog als een buffer dienen, waarbij bijvoorbeeld de leiding 's nachts op druk wordt gebracht (er is dan weinig afname) en overdag wordt 'geleegd' (wellicht meer afname dan productie). Een handig hulpmiddel hierbij zijn de zgn. load duration curves, al geven die geen inzicht in de gelijktijdigheid van vraag- en aanbodprofielen. Ook een CO_2-tank voor de tijdelijke opslag van CO_2 bij de afnemer behoort in principe tot de mogelijkheden om vraag en aanbod in balans te brengen. Er dienen duidelijke afspraken tussen de betrokkenen te worden gemaakt over de CO_2-productie en -afname op jaarbasis en op kortere tijdsbasis (over de maanden, weken, en dagen). Per producent-afnemercombinatie zal dienen te worden bekeken of vraag en aanbod in voldoende mate op elkaar zijn af te stemmen, in combinatie met het buffervermogen in de transportleiding en een eventuele CO_2-tank.

1.6 Leverings- en afnamezekerheid

Ongestoorde levering en afname van het CO_2 zijn voor alle partijen in de keten van belang: er zullen afspraken gemaakt dienen te worden over onbeschikbaarheid van zowel de CO_2-levering en -afname als van het transportsysteem (bijvoorbeeld reservepositie van compressie). Belangrijk hierbij is ook in welke mate de onbeschikbaarheid gepland dan wel ongepland optreedt, omdat dit de partijen de gelegenheid geeft om tijdig op onbeschikbaarheid te anticiperen.

Uit het oogpunt van leverings- en afnamezekerheid van CO_2 is het in principe interessant de bronnen en afnemers te diversifiëren. Dit heeft echter als nadeel dat er meer voorzieningen nodig zijn (afvangstinstallaties, comptabele metingen etc.). Er dienen afspraken tussen alle betrokkenen te worden gemaakt over de van leverings- en afnamezekerheid, over de wijze waarop hier wordt omgegaan en over de vereiste beschikbaarheid van het transportnet.

1.7 Kwaliteit van de CO2

De zuiverheid van de in het transportsysteem opgenomen CO_2 dient zo te zijn dat deze geen negatieve gevolgen heeft voor de bedrijfsvoering van de sink(s) en ook geen gevaar vormt voor de

---

[13] *De term plaatsgebonden risico houdt in: risico op een plaats nabij een buisleiding, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die bepaalde plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die buisleiding (Rijksoverheid).*

integriteit van het pijpleidingensysteem. Dit houdt voor de tuinbouwsector in dat er specifieke aandacht moet zijn voor de maximaal toelaatbare concentraties van componenten als etheen, NO_x, ozon, roet, ammoniak en zwaveldioxide. Het is cruciaal dat de samenstellingsspecificatie wordt afgestemd met de tuinders en de CO_2-producent/de partij die het CO_2 opwerkt tot leidingkwaliteit. Als richtlijn zou in eerste instantie de OCAP-specificatie kunnen worden ingezet. Het betreft hier echter nagenoeg puur CO_2 dat vanwege het raffinageproces een dergelijke zuiverheid heeft. Het is vanuit kostenoverwegingen en om operationele redenen belangrijk dat alle CO_2 die de transportleiding inkomt, voldoet aan de specificaties die met de afnemers is overeengekomen.

Vooralsnog kan geen enkel type CO_2-bron buiten beschouwing worden gelaten vanwege onzuiverheden. Wel kan op basis van een techno-economische analyse van potentiële CO_2-bronnen en de bijbehorende afvangst- en conditioneringsinstallaties worden bepaald of een bron geschikt is. Daarmee kan geconcludeerd worden dat CO_2-samenstelling weliswaar een belangrijke ontwerpfactor voor het transportsysteem, maar geen vooraf bepaald criterium. Bij de karakterisering van potentiële bronnen en afnemers wordt in meer detail ingegaan op de samenstelling van de CO_2, zowel aan de kant van de producent als de afnemer.

1.8 Kostprijs van de CO_2

De kosten voor het CO_2-transport dienen zo laag mogelijk te zijn en kunnen geminimaliseerd worden door:

- de transportafstand zo klein mogelijk te houden,
- De transportcondities te optimaliseren,
- o.a. de capaciteit en kwaliteitseisen niet hoger te leggen dan noodzakelijk is voor transport en de afnemer(s), en
- goede keuzes te maken in maatregelen om de veiligheid op een voldoend hoog niveau te brengen (bijvoorbeeld diepte van de leiding versus afdekking met betonplaten).

Veelal zijn de investerings- en operationele kosten van CO_2-afvanginstallaties en van CO_2-compressoren doorslaggevende kostenposten in begrotingen.

1.9 Complexiteit van het transportsysteem

De complexiteit van transport kan verschillen voor de verschillende transportcondities. Voor transport per pijpleiding kan er gekozen worden voor gasvormig, vloeibaar of superkritisch transport.
De operationele eisen aan het CO_2-transport, zoals druk, temperatuur en samenstelling, dienen te worden afgestemd aan de hand van de te transporteren capaciteit, veiligheidsvereisten en kosten. Zo kan het bijvoorbeeld goedkoper zijn om voor kleinere hoeveelheden CO_2 gasvormig transport toe te passen terwijl voor grotere hoeveelheiden CO_2 vloeibaar of superkritisch transport efficiënter kan zijn.

1.10 Ontwikkelmogelijkheden van het transportsyteem

In het ontwerp van de CO_2-transportketen moeten ook de toekomstige ontwikkelingen van aanbieders worden meegenomen. Zo zouden bijvoorbeeld kolencentrales in Noord-Holland in de nabije toekomst minder gebruikt kunnen worden door het openen van nieuwe efficiëntere kolencentrales elders in Nederland. Daarnaast moet ook de ontwikkeling van gas- en huisvuil-gestookte centrales worden meegenomen in het ontwerp van de keten.

Bijlage 2: Achtergronden bij CO_2-bronnen en -sinks

Voor een eerste globale selectie van de in het kader van dit project potentieel interessante CO_2-bronnen, zijn onderstaand globale karakteristieken van de genoemde bronnen gegeven. Ze zijn gebaseerd op in-houseinformatie en publiek toegankelijke gegevens. Het is van belang om zo gauw een eerste voorlopige keus is gemaakt, de gegevens bij de betrokken partijen te verifiëren in hoeverre ze van toepassing zijn voor de toekomst.

2.1 CO_2-productievolumes

Op dit moment verkeren de gasgestookte elektriciteitscentrales in een economisch lastige positie, o.a. door de hogere gasprijs t.o.v. kolen en de lage CO_2-prijs in het Europese CO_2 Emission Trading Scheme (ETS). Daardoor staan momenteel veel van deze gascentrales stil, zoals het gasgestookte gedeelte van de Hemwegcentrale in Amsterdam. Een uitzondering hierop kunnen de Nuoncentrales rond IJmuiden zijn omdat deze op hoogovengas gestookt worden. Deze zullen afhankelijk zijn van contracten met TATA op het gebied van hoogovengaslevering.

Voor kolencentrales geldt dat deze bij voorkeur als basislast draaien en waar nodig wat op- en afgeregeld worden. Daarbij dient wel aangemerkt te worden dat in 2015 een aantal oudere kolencentrales in Nederland dicht gaan en er nieuwe efficiëntere kolencentrales geopend worden (Maasvlakte en Eemshaven). Deze centrales kunnen door hun hogere rendement goedkoper elektriciteit produceren wat gevolgen zal hebben voor de concurrentiepositie van de Hemwegcentrale. Hierdoor is het mogelijk dat deze in de nabije toekomst bijvoorbeeld ’s nachts, in het weekend, of in de zomer stil komt te liggen. Dit kan een risico zijn voor de in deze studie beoogde CO_2-voorziening.

De CO_2-productie bij TATA is een continu proces: over fluctuaties in de CO_2-productie is vooralsnog bij de auteurs geen informatie beschikbaar.

Daarnaast zijn er nog de huisvuilcentrales als de AEB in Amsterdam en de HVC in Alkmaar. Deze draaien in principe continu. Afhankelijk van het afvalaanbod kan een parallelle productielijn worden bij- of afgeschakeld. Dit zorgt voor een nagenoeg continue CO_2-productie van tenminste 60 ton/uur bij de HVC en 180 ton/uur bij AEB. [bron: telefoongesprek Jan Middelkamp 28-05-2014].

2.2 Rookgassamenstelling

Een typische samenstelling van rookgassen voor kolen-, gas- of afvalverbrandingscentrale is weergegeven in Tabel 15.

	Pulv. coal combustion flue gas	Waste incinerat. flue gas	Coal gasification fuel gas §	Coal-fired IGCC flue gas	Natural gas Groningen	Gas-fired CC flue gas
O_2 %-v	~ 6	7 - 14		~ 12		~14
N_2 %-v	~ 76	balance	~4 / ~1	~ 66	~14	~76
CO_2 %-v	~11	6 - 12	~4 / ~13	~ 7	~1	~ 3
H_2O %-v	~ 6	10 - 18	~4 / ~1	~ 14		~ 6
CO %-v		0.001-0.06	~58/~40			
H_2 %-v			~30/~29			
Ar %-v	~ 1	~ 1	~ 1	~ 1		~1
SO_2 ppmw		200 -1500		10 - 200		
H_2S ppmw			1000-4000			
NOx ppmw	500 - 800	200 - 500		10 - 100		10 - 300
NH_3 ppmw			300 - 800			
HCN ppmw			40 - 150			
HCl ppmw		400 - 3000	500 - 600			
HF ppmw		2 - 100	150 - 250			
dioxine ppb	<< 1	1 - 10				
CH_4 %-v					~ 81	
C_nH_m %-v		< 0.002			~ 4	
Hg ppmw	0.1 - 1	0.1 - 1	0.01 - 0.1			
Cd ppmw	0.01 - 1	0.1 - 0.5	0.01 - 0.2			
other heavy metal ppmw	0.5 - 2	1 - 5	~ 20			
dust g/m^3	5 - 20	0.2 - 15	~17 / ~8	<< 0.02		

§ Two values : Shell / Texaco entrained bed gasifiers

Tabel 15 Typische samenstellingen van verschillende (rook)gassen[14].

Wat opvalt is dat het verbranden van (aard)gas de schoonste rookgassen oplevert; het verbranden van kolen of afval kan resulteren in hogere concentraties van restproducten als CO, NO_x, H_2S en SO_2. De concentratie CO_2 in de rookgassen is bij het verbranden van gas wel significant lager dan bij kolen of afval. Dit maakt het lastiger om de CO_2 uit de rookgassen te winnen bij (aard)gas gestookte energiecentrales. Daarnaast geldt dat voor afvalverbrandingscentrales strengere regels gelden met betrekking tot NO_x- en SO_2-emissie dan voor bijvoorbeeld kolencentrales: 70 mg NO_x tegen 200 mg NO_x per Nm^3 rookgas.

2.3 Samenstelling CO_2 na afvangst

Naast de hoeveelheid CO_2 die jaarlijks wordt geproduceerd, is het ook van belang dat de samenstelling van het CO_2 na afvangst en reiniging voldoet aan de minimale specificaties van de CO_2-sinks. De samenstelling is echter nog wel afhankelijk van de gebruikte afvangtechniek en de bron van de CO_2-stroom. Indicatieve CO_2-stroom samenstellingen voor kolen- en gasgestookte centrales zijn per afvangsttechniek weergegeven in Tabel 16.

[14] (Zevenhoven & Kilpinen 2001: http://users.abo.fi/rzevenho/gases.PDF)

	Coal fired power plants (vol. %)			Gas fired power plants (vol. %)		
Component	Post-combustion	Pre-combustion	Oxy-fuel	Post-combustion	Pre-combustion	Oxy-fuel
Ar/N2/O2	0.01	0.03-0.6	3.7	0.01	1.3	4.1
H2S	0	0.01-0.6	0	0	<0.01	0
H2	0	0.8-2.0	0	0	1	0
SO2	<0.01	0	0.5	<0.01	0	<0.01
CO	0	0.03-0.4	0	0	0.04	0
NO	<0.01	0	0.01	<0.01	0	<0.01
CH4+	0	0.01	0	0	2	0
Amines	-	-	-	-	-	-
Glycol	-	-	-	-	-	-
Totaal	**<0.03**	**0.87-3.62**	**4.2**	**<0.03**	**<4.35**	**<4.13**

Tabel 16 Indicatieve samenstellingen van afgevangen CO_2-stromen (DNV Recommended Practice J202).

In Tabel 16 is te zien dat de hoogste mate van zuiverheid kan worden gehaald met CO_2-afvangst bij Post-combustion, voor zowel kolen als gasgestookte centrales. CO_2-afvangst bij Pre-combustion- en Oxy-fueltechnologie leveren een hogere mate van onzuiverheid op. Daarnaast is nog een belangrijk aspect van CO_2-afvangstinstallaties dat ze alleen op bestaande Post-combustion en Oxy-fuel installaties kunnen worden toegepast (het zogenaamde retrofitten) terwijl Pre-combustion een integraal onderdeel van het verbrandingsproces dient te zijn. Uiteraard zal het toevoegen van een CO_2-afvanginstallatie kostenverhogend werken t.o.v. het directe gebruik van rookgassen.

2.4 CO_2-vraag en -groei

Tabel 17 geeft de verwachte groei in glastuin oppervlak en CO_2-behoefte voor de glasdriehoek Alton, Agriport en Grootslag

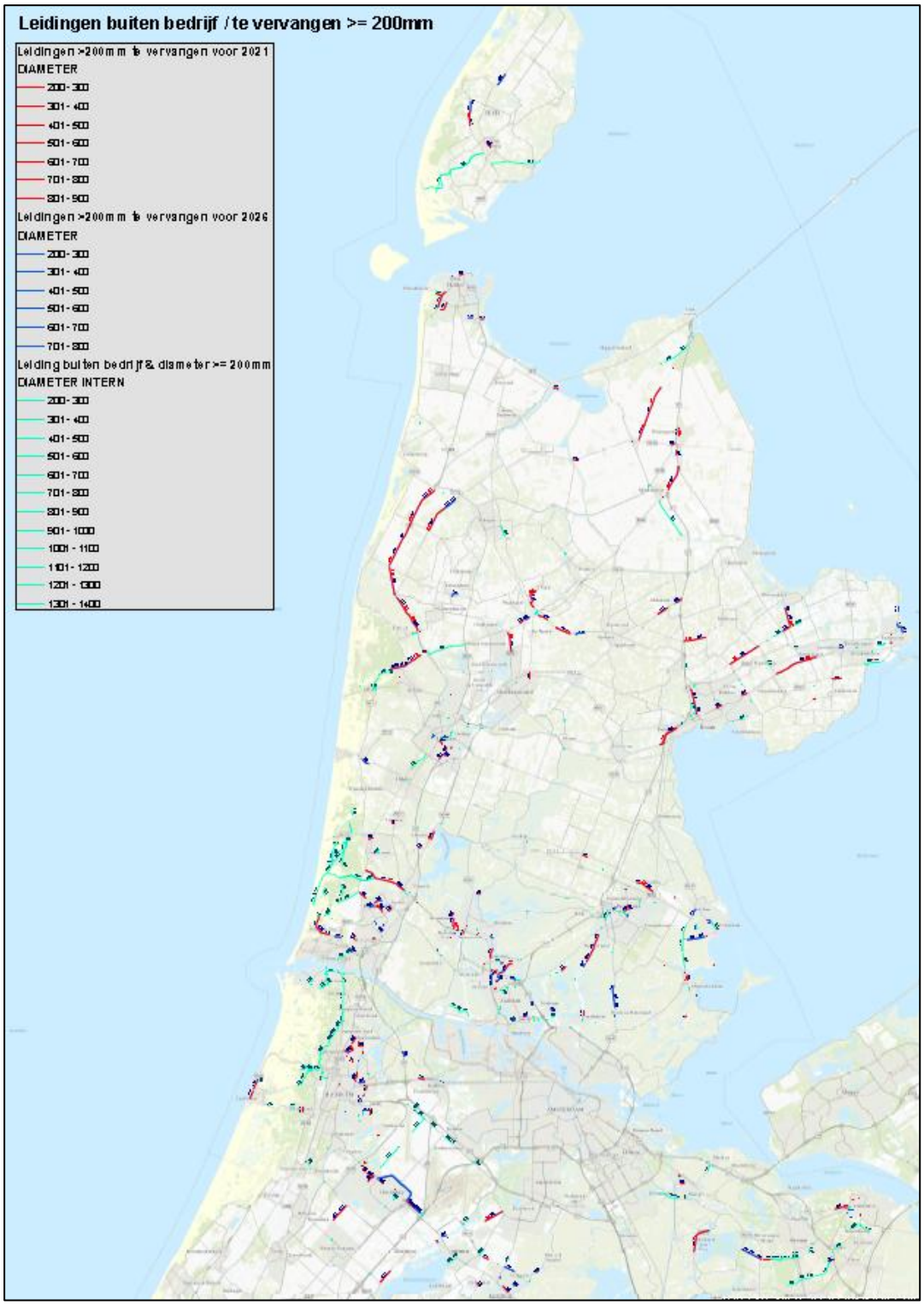
Expected Case scenario

aantal ha glas	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alton	50	50	50	50	50	45	45	45	45	40	40	40	40
Agriport	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550
Grootslag	126,5	131,5	136,5	141,5	146,5	151,5	156,5	161,5	166,5	171,5	176,5	181,5	186,5
Totaal	**426,5**	**456,5**	**486,5**	**516,5**	**546,5**	**571,5**	**601,5**	**631,5**	**661,5**	**686,5**	**716,5**	**746,5**	**776,5**
Aantal ha 100% externe CO2													
Alton	10	10	10	10	10	15	20	25	30	30	35	35	35
Agriport	0	0	15	15	30	45	60	60	60	75	75	75	75
Grootslag	0	0	0	15	15	15	30	30	30	30	30	30	30
Externe CO2 behoefte (ton/ha/jaar)													
WKK-kas	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**
100% extern kas	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**	**350**
CO2 behoefte per gebied	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Alton	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	7.050	8.500	9.950	11.400	11.100	12.550	12.550	12.550
Agriport	15.000	16.500	22.350	23.850	29.700	35.550	41.400	42.900	44.400	50.250	51.750	53.250	54.750
Grootslag	7.590	7.890	8.190	12.840	13.140	13.440	18.090	18.390	18.690	18.990	19.290	19.590	19.890
Totaal expected case	**28.490**	**30.290**	**36.440**	**42.590**	**48.740**	**56.040**	**67.990**	**71.240**	**74.490**	**80.340**	**83.590**	**85.390**	**87.190**

Tabel 17 Verwachte groei in glastuin oppervlak en CO_2 behoefte voor de glasdriehoek Alton, Agriport en Grootslag tussen 2012 tot 2024; bron NHN

Bijlage 3: Identificatie bestaande transportleidingen

3.1 Weesleidingen en verwachte saneringstracés PWN



Figuur 3-1: Weesleidingen en verwachte saneringstracés PWN.

3.2 Leidingnet Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK)

Figuur 3-2 Leidingnet Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

Blauw: in gebruik zijnde leidingen

Rood: te vervangen leidingen

Bijlage 4: Mogelijke belemmeringen en oplossingsrichtingen

4.1 Scenario 1 (AEB, PrimA4a en Greenport Aalsmeer verbinden met OCAP)

Scenario 1 behelst het uitbreiden van OCAP door de aansluiting van AEB in Amsterdam en glastuingebieden Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-zuid.

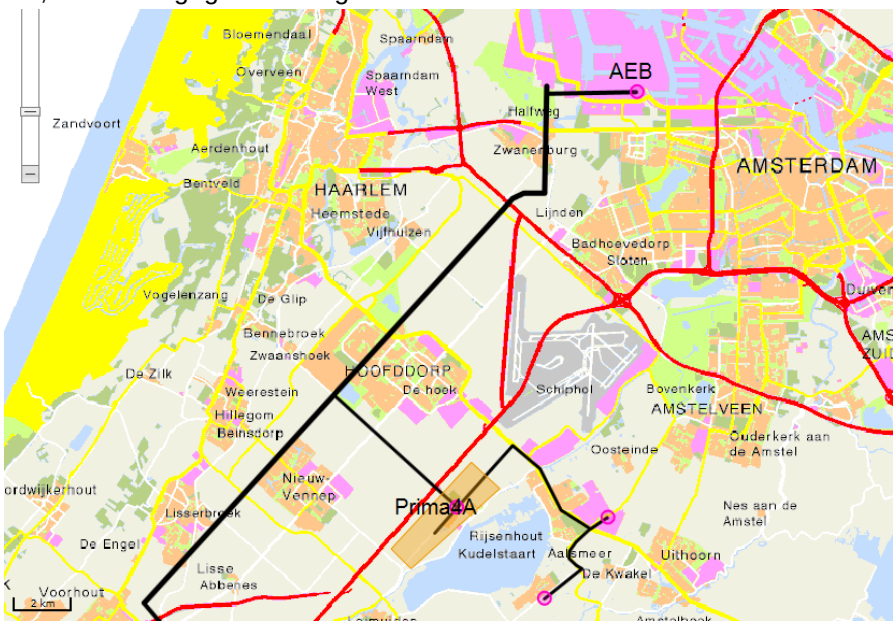
Planologisch
Belangrijk bij het vinden van een route is om continu de plaatsgebonden en groepsgebonden risico's in ogenschouw te nemen en deze te toetsen aan het besluit externe veiligheid buisleidingen (BEVB) (Overheid, 2014). Dit houdt in dat het plaatsgebonden risico gemeten op vijf meter afstand vanuit het hart van de buisleiding, niet hoger mag zijn dan 10-6/jaar. Binnen deze afstand mogen zich geen kwetsbare objecten als woonhuizen bevinden. Daarnaast dient een analyse te worden gemaakt van het groepsrisico per kilometer buisleiding, de zogenaamde fN-curve ('f'=kans; 'N'=aantal slachtoffers). Hierbij moet een vergelijking worden gemaakt met die fN-lijn die de kans weergeeft op een ongeval met meer dan 10 dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10-4 per jaar en de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10-6 per jaar. Hemelsbreed is de afstand van AEB naar de OCAP leiding ongeveer 3 kilometer, te zien in Figuur 4-1.

Figuur 4-1 Schematische weergave van het tracé AEB – OCAP.

Figuur 4-2 een close-up van de s102, de spoorbrug en de 'leidingstraat'
(respectievelijk onder, midden, boven) over de waterweg nabij de Aziëhaven.

Potentiele barrières op planologisch gebied zijn voornamelijk de waterwegen welke doorkruist dienen te worden. Indien een directe overgang over deze waterweggen niet wenselijk is, kan er een traject langs de bestaande S102, de spoorbrug of de aanwezige 'leidingstraat' (respectievelijk onder, midden en boven op Figuur 4-2, rechts) gekozen worden.

De afstand van de OCAP-leiding naar Prima4A bedraagt ongeveer 8 km, de verbinding vanaf Prima4A naar Aalsmeer-Oost is 6.5 km en Aalsmeer-Oost naar Aalsmeer-Zuid bedraagt ongeveer 3.5 km; dit is weergegeven in Figuur 4-3.



Figuur 4-3 Uitbreiding van OCAP naar Prima4A, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid

Planologisch gezien zijn er geen directe belemmeringen (waterwegen, natuurgebieden etc.) te identificeren voor de transportleiding van OCAP naar Prima4A. De transportleiding kan door onbevolkt gebied langs de (Nieuwe-) Bennebroekerweg worden gelegd tot aan Prima4A. Er is langs dit traject geen sprake van directe bewoning. Vanaf daar dient er een omweg om de Westeinderplassen te worden gelegd (gezien dit waarschijnlijk de minst gecompliceerde en kostbare optie is) naar Aalsmeer-oost. Hierbij dient wel de waterweg naast de Aalsmeerderdijk doorkruist te worden samen met een drietal N-wegen (N192, N201 en N231). Daarnaast bevindt zich in Dorpshaven-Zuid ook nog de nodige bebouwde omgeving. Er dienen een drietal N-wegen (N201, N196 en N231) te worden doorkruist om de transportleiding van Aalsmeer-Oost naar Aalsmeer-Zuid te leggen. Hierbij wordt de bebouwde omgeving zo veel mogelijk gemeden.

Transport technisch

Op transport technisch gebied zijn er geen directe barrières geïdentificeerd voor de transportleiding van AEB naar OCAP. Een belangrijk aandachtspunt is dat de CO_2 bij de injectie in de nieuw aan te leggen transportleiding bij AEB op een voldoende hoge druk gebracht dient te worden om zonder verdere compressie bij de OCAP leiding te kunnen worden ingevoed. De minimale inlaatdruk bij OCAP dient minimaal 21 bar te zijn. Daarnaast dient bij AEB voor transport de kwaliteit gemeten en bewaakt te worden en er dient een comptabele meting te worden uitgevoerd. Wat betreft de afvanginstallatie is het van belang dat de CO_2 voldoende zuiver afgevangen en geconditioneerd kan worden. Huibers et al. (2013) hebben een afvanginstallatie voorgesteld voor AEB die in staat is CO_2 tot 99% zuiverheid af te vangen; dit komt overeen met OCAP kwaliteit (Dueck & van Dijk, 2011).

Als in de winter de vraag naar CO_2 daalt, kan het voor komen dat de invoeding gereduceerd moet worden. Er moet onderzocht worden in hoeverre de afvanginstallatie afgeregeld kan worden. Doorgaans worden afvanginstallaties ontworpen om continu op nominale capaciteit te draaien, het verlagen van de afvang resulteert dus in suboptimale condities die kostenverhogend werken. Indien de afvanginstallatie niet voldoende kan worden afgeregeld kan er worden besloten überhaupt geen CO_2 af te vangen of een andere bestemming voor het CO_2 te vinden. In het geval de afvang bij AEB (en ook de levering op andere invoedpunten als de Shell raffinaderij in Pernis) uitvalt, zal dit vanwege de bufferfunctie van de leiding niet direct invloed hebben op de levering. Uitgaande van een

leidingdrukswing van 7-22 bar, een leidingdiameter van 26 inch, een leidinglengte van 97 km en een jaarlijkse afname bij OCAP van 400 kton (OCAP, 2012), is het buffervolume ongeveer 0.3% van het jaarlijkse transportvolume. Dit staat gelijk aan voldoende CO_2 voor 1 dag op gemiddelde afname, een halve dag in de zomer of vijf dagen in de winter (ECW en Grootslag, 2011). Afhankelijk van de duur van de storing kan het betekenen dat er minder of geen CO_2 bij de tuinders geleverd kan worden. Momenteel wordt er bij OCAP geen leveringsgarantie afgegeven.

Economisch
Voor een goede indeling van de financiering van de nieuw aan te leggen infrastructuur dient er onderzocht te worden welke partij eigenaar wordt van welke systeemonderdelen en hoe de investeringen verdeeld worden en kunnen worden terugverdiend. Hierbij is het van belang om regulering en wetgeving in ogenschouw te nemen, bijvoorbeeld bij het verstrekken van subsidies en de wettelijke consequenties die dat met zich mee brengt.

De investeringskosten en operationele kosten voor het afvangen en comprimeren van het CO_2 kunnen een belemmering vormen doordat deze de kosten van het te leveren CO_2 opstuwen, vooral als in de winter de CO_2-vraag te laag is om de afvanginstallatie op een rendabele manier operationeel te hebben.

4.2 Scenario 2 (HVC, Alton, Agriport en Grootslag)

Scenario 2 behelst de aanleg van een nieuwe transportleiding vanuit de HVC naar de glastuindriehoek: Alton, Agriport en Grootslag (Figuur 4-2).

Planologisch
Het traject van HVC in Alkmaar naar Alton in Heerhugowaard zal rekening moeten houden met de bewoonde omgeving in zowel Alkmaar als Heerhugowaard. Het door Alliander voorgestelde tracé loopt langs de N242, waarna er ter hoogte van Alton naar het oosten een aftakking naar Alton gemaakt wordt. Dit traject zal wel tussen bewoonde gebieden in Alkmaar en Heerhugowaard door lopen wat voor problemen kan zorgen door o.a. veiligheidsafstanden en publieke opinie. Daarnaast dient er ook met de waterweg, het kanaal Omval-Kolhorn rekening te worden gehouden. Een mogelijk minder gecompliceerde maar duurdere oplossing voor het traject, zou een route langs de oostkant van Heerhugowaard zijn. Langs deze route is de bevolkingsdichtheid lager en is er voornamelijk land- en tuinbouw te vinden. Hierbij zullen echter wel de N243, de N508 en de N507 doorkruist moeten worden.
De route tussen Alton in Heerhugowaard en Agriport in Middenmeer vertoont minder obstakels. Het voorgestelde traject loopt voornamelijk langs de N242 en de N239. Belangrijkste aandachtspunten zijn het doorkruisen van de N241, N239 en de A7.
De laatste sectie van het traject zal de verbinding vormen tussen Agriport in Middenmeer en het Grootslag in Andijk. Het voorgestelde tracé tussen Agriport en Het Grootslag zal in ieder geval de N239 en de N240 moeten doorkruisen. Tot slot bevinden zich ook nog een aantal waterwegen/kanalen langs de route welke doorkruist moeten worden.

Transport technisch
Voor de afvanginstallatie bij HVC is het van belang dat het in staat is om in de zomermaanden aan de hogere vraag van de afnemers te voldoen. De vraag kan dan veel groter zijn (ca. 1.7 kton/dag voor volledige externe CO_2-levering aan tuinders door HVC) dan de ‘gemiddelde’ transportcapaciteit over het jaar genomen (ca. 0.74 kton/dag voor volledige externe CO_2-levering aan tuinders door HVC), gebaseerd op de verhouding tussen jaarvraag en maximale dagelijkse vraag in de zomer uit ECW en Grootslag (2011).

Het totale leidingsysteem kan dan als buffer dienen, waardoor bijvoorbeeld ´s nachts de leiding op druk kan worden gebracht door de invoeding bij HVC. Overdag zal dan zowel ingevoed worden bij HVC als worden afgenomen bij de tuinbouwgebieden, waardoor effectief meer CO_2 kan worden geleverd door gebruik van het buffervolume. De dimensionering van het leidingsysteem zal worden gedaan op de maximaal voorziene flow, gedurende de zomerperiode. De dimensionering zal ook uitwijzen hoe groot de buffercapaciteit van het leidingsysteem is en wat dus de afvangcapaciteit van de afvanginstallatie zal moeten zijn om in de zomermaanden aan de maximale vraag te kunnen voldoen. De bufferfunctie van de leiding zal ook aangesproken worden als HVC onverhoopt geen CO_2 kan leveren. Echter zal de bufferfunctie beperkter zijn dan in het geval van OCAP vanwege de kortere leiding en de kleinere te transporteren volumes. Het zal in dit geval dan ook moeilijk zijn om een leveringsgarantie af te geven.
In de wintermaanden zal het tegenovergestelde van de zomerse piekvraag het geval zijn, de vraag is dan lager (ca. 0.12 kton/dag voor volledige externe CO_2-levering) dan de gemiddelde transportcapaciteit 'over het jaar genomen' (ca. 0.74 kton/dag voor volledige externe CO_2-levering aan tuinders door HVC), gebaseerd op de verhouding tussen jaarvraag en minimale dagelijkse vraag in de winter uit ECW en Grootslag (2011). De CO_2-vraag zal dan ook veel lager zijn dan de nominale capaciteit van de afvanginstallatie. Dit leidt er toe dat de afvanginstallatie afgeregeld moet worden, wat leidt tot suboptimale condities die kostenverhogend zullen werken. Er dient onderzocht te worden of het technisch haalbaar en voldoende rendabel is om de afvanginstallatie op een lager vermogen te laten draaien. Daarnaast zouden meerdere parallelle afvanginstallaties overwogen kunnen worden om meer flexibiliteit te realiseren, dit zal doorgaans echter minder energie- en kosten efficiënt zijn. Mocht het afregelen van een afvanginstallatie of het realiseren van meerdere afvanginstallaties niet rendabel zijn dan kan overwogen worden het CO_2 tijdelijk op te slaan, het op een andere manier te gelde te maken of het te emitteren.

Tot slot dient de CO_2 met voldoende kwaliteit te worden afgevangen, dit zou met de door Huibers et al. (2013) voorgestelde afvanginstallatie kunnen tot een zuiverheid van 99%, dit is gelijk aan de huidige OCAP kwaliteit. Deze kwaliteit moet gemeten en bewaakt worden en er dient een comptabele meting te worden uitgevoerd. De scenario-ontwikkeling zal uitwijzen of er op het gehele traject van ongeveer 46 kilometer hercompressie dient plaats te vinden.

Economisch
Kruisen van (N-)wegen en waterwegen zal extra kosten met zich meebrengen omdat er bijvoorbeeld horizontaal onder een weg door moet worden geboord om een leiding aan te leggen. Qua compressie is het doorgaans kosten efficiënt om slechts eenmalig te comprimeren, op het beginpunt van de leiding bij HVC. Hercompressie onderweg vergt extra compressorstations en dus extra investeringskosten en operationele kosten. De verdeling van investeringen, operationele kosten en opbrengsten over de diverse betrokken partijen zal ook voor dit scenario moeten worden gemaakt. Daarbij moet altijd naar de mogelijkheid voor subsidies gekeken worden welke doorgaans onderhevig zijn aan wet- en regelgeving. De impact van huidige en voorziene regulering wordt in 'Bijlage 6:' toegelicht. Daarnaast geldt net als bij AEB dat de investeringskosten en operationele kosten voor de afvanginstallatie de prijs van het te leveren CO_2 kunnen opstuwen, vooral als de afvangcentrale onder suboptimale condities moet draaien of afgeschakeld moet worden.

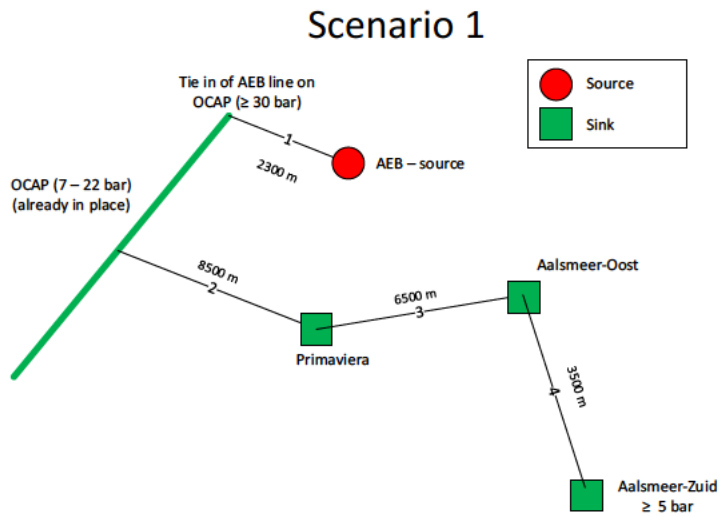
Bijlage 5: Systeemontwerp & scenario ontwikkeling

5.1 Systeemontwerp

Bij het systeemontwerp wordt uitgegaan van een transportsysteem dat wordt uitgelegd op maximale flow condities. Deze situatie zal zich voordoen tijdens de maximale piekvraag in de zomer. Wanneer er daadwerkelijk het engineering en design proces wordt ingegaan dienen alle mogelijke situaties grondig geanalyseerd te worden. Na een zorgvuldige afweging van deze situaties en de bijbehorende technische en economische implicaties kan uiteindelijk een ontwerp gekozen worden dat mogelijk kostenefficiënter is dan het ontwerp dat uitgaat van de maximale flow condities. Daarom dient benadrukt te worden dat het hier om een indicatieve scenario-ontwikkeling gaat waar mogelijk ruimte voor verbetering is wanneer alle scenario's grondig worden beschouwd. Zo biedt de beperkte vraag van CO_2 door de tuinders in de nacht in combinatie met het buffervermogen van de CO_2-leiding wellicht interesseante mogelijkheden voor een technische en economische optimalisatie.

5.2 Scenario 1: Prima4A

Het eerste scenario bestaat uit twee losse leidingsegmenten die beide op de bestaande OCAP-leiding zullen worden aangesloten. Het eerste segment bestaat uit CO_2-afvangst en -compressie bij de AEB in Amsterdam, transport naar en intakken op de OCAP-leiding. Het tweede segment bestaat uit de aansluiting van Prima4A en Aalsmeer op de OCAP-leiding. Deze twee uitbreidingen zullen apart benaderd worden. Dit scenario is schematisch weergegeven in Figuur 5-1.



Figuur 5-1 Schematische weergave van scenario 1,

uitbreiding van OCAP door het aansluiten van AEB in Amsterdam en PrimA4a, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid.

AEB-OCAP

De jaarlijkse hoeveelheid afgevangen CO_2 en de gebruikte afvangtechnologie bij AEB zijn gebaseerd op het rapport van Huibers et al. (2013). In dat rapport is onderzocht wat de kostprijs is voor het afvangen van CO_2 uit een AVI bij AEB, voor opgegeven concentraties. Hieruit blijkt dat voor de hoogst onderzochte zuiverheid (99%) een afvangst van 61 kton per jaar kan worden gerealiseerd voor €67 per ton uit een AVI met een rookgasstroom van 143653 Nm^3/h. De CO_2-opbrengst is hierbij 82%. Elders in dit rapport is onderzocht dat er jaarlijks 1,3 Mton CO_2 wordt uitgestoten bij AEB, dit betekent dat er jaarlijks in potentie maximaal 1 Mton CO_2 kan worden afgevangen als de opbrengst wordt

aangenomen op 82%. In deze scenario-ontwikkeling is echter uitgegaan de studie van Huibers et al (2013) en een afvanghoeveelheid van 61 kton per jaar met een zuiverheid van 99%, dit resulteert in een continue flow van 4,2 kg/s bij 4000 draaiuren per jaar.

De energiekosten van de compressie bij AEB zullen vooral afhankelijk zijn van het geleverde vermogen en het aantal draaiuren per jaar. In de studie van Huibers et al (2013) is het aantal draaiuren op 4000 uur gekozen, daarbij impliciet meenemend de dag/nacht-buffering in de OCAP-leiding. Naast compressie zal er voor het invoeden van de CO_2 ook een kwaliteitsmeting plaatsvinden om de kwaliteit te bewaken. Daarnaast zal een comptabele meting plaatsvinden om de geleverde hoeveelheden CO_2 te kunnen afrekenen.

OCAP-Prima4A-Aalsmeer

Voor de aansluiting van de glastuinbouwgebieden op de OCAP-leiding is gekozen voor een leiding die achtereenvolgens langs PrimA4a, Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid loopt. De leiding wordt gedimensioneerd op de geprojecteerde CO_2-vraag van 2024 van deze tuinbouwgebieden, waarbij wordt aangenomen dat alle huidige beschikbare glastuinbouwgrond wordt gebruikt. Voor deze gebieden zijn geen specifieke toekomstscenario's gemaakt voor de CO_2-vraag, zoals voor de glastuindriehoek in Noord-Holland Noord wel het geval is (ECW en Grootslag, 2011). Daarom wordt op basis van het aantal hectares van de gebieden een schatting gemaakt met behulp van een gemiddelde externe CO_2-behoefte per hectare uit ECW en Grootslag (2011) (112,3 ton/ha externe CO_2). Voor PrimA4a bedraagt het oppervlak 380 ha (PrimA4a, 2014) en voor Greenport Aalsmeer (zowel Oost als Zuid) bedraagt het oppervlak 237 ha (Noord-Holland, 2012). Dit resulteert in een jaarlijkse vraag voor PrimA4a van 43 kton CO_2 en voor Greenport Aalsmeer in 27 kton CO_2. Omdat alleen het gezamenlijke oppervlak van greenport Aalsmeer (Aalsmeer-Oost en Aalsmeer-Zuid) bekend is, en de onderlinge afstand slechts 3,5 km bedraagt, wordt voor het ontwerp van het leidingsysteem aangenomen dat de volledige vraag van Agriport Aalsmeer het gebied Aalsmeer-Zuid moet kunnen bereiken.

In ECW en Grootslag (2011) wordt gesteld dat bij een CO_2-behoefte van 350 ton/ha/jaar in de maanden juni en juli een maximale flow rate van 223 kg/ha/uur wordt gevraagd. De maximale flow voor elk leidingstuk is gebaseerd op de verhouding met de CO_2-vraag per jaar van de tuinders. Dit geeft een verhouding van de jaarlijkse CO_2-vraag en maximale flow: voor elke ton CO_2-vraag per jaar hoort een maximale flow van 0,62 kg/uur.

De druk in de OCAP-leiding kan variëren tussen 7 en 22 bar, terwijl bij de afleverstations van OCAP een druk van minimaal 5 bar moet worden aangeboden. Dit betekent dat indien de druk in de OCAP-leiding 7 bar is, er bij de afleverstations van Prima4A en Aalsmeer een druk van minimaal 5 bar moet worden aangeboden. Of hier compressie voor nodig is zal blijken uit het de resultaten van het DNV GL transmissieketenoptimalisatiemodel. De afleverstations zullen tevens ingericht worden voor de afrekening van de geleverde CO_2 aan tuinbouwgebieden. Hier zal dus een comptabele meting plaatsvinden.

De kengetallen in Tabel 18Tabel 18 Kengetallen voor scenario 1 optimalisatie bepaald op basis van beschreven methodiek.

gelden voor scenario 1 en zijn bepaald op basis van bovenstaande methodiek.

Tracé	Afstand	Begin-druk	Eind-druk	Hybride capaciteit	Maximale capaciteit	Jaarlijkse hoeveelheid hybride	Jaarlijkse hoeveelheid maximale	Nr
	m	bar	bar	kg/s	kg/s	ton/jr	ton/jr	
AEB-OCAP	2300		≥30	4,2	4,2	60912	60912	1
OCAP-Prima4A	8500	7 (worst case)		12,3	38,2	69280	215950	2
Prima4A-Aalsmeer-Oost	6500			4,7	14,7	26612	82950	3
Aalsmeer-Oost-Zuid	3500		≥5	4,7	14,7	26612	82950	4

Tabel 18 Kengetallen voor scenario 1 optimalisatie bepaald op basis van beschreven methodiek.

5.3 Analyse aansluiting AEB op OCAP-leiding

De afvangcentrale voor AEB is nader gespecificeerd in het rapport van Huibers et al (2013). Er wordt in het rapport van Huibers et al. (2013) een eindcompressiestap naar 21 bar aangenomen waardoor de totale kosten voor het afvangen en comprimeren van CO_2 op €67 per ton komen. Om een compressie-onafhankelijke prijs van CO_2 te bepalen, zijn de compressie gerelateerde kosten in de analyse van Huibers et. al (2013) geomitteerd. In Tabel 19Tabel 19 Kostenopbouw afvanginstallatie voor AEB volgens Huibers et al. (2013).

is de kostenopbouw voor de afvanginstallatie van Huibers et al. (2013) weergegeven zonder compressie gerelateerde kosten.

Specificatie kosten afvanginstallatie	**Zonder compressor (gebaseerd op Huibers et al. 2013)**	**Eenheid**
Investeringskosten	27,693	M€
Jaarlijkse energiekosten	1,003	M€
Jaarlijkse overige kosten	2,668	M€
Totale jaarlijkse kosten	*3,671*	*M€*
Jaarlijkse hoeveelheid CO2	*60912*	*ton/jr.*
Kosten CO_2 per ton	**60,26**	**€/ton**

Tabel 19 Kostenopbouw afvanginstallatie voor AEB volgens Huibers et al. (2013).

De kosten voor het afvangen van CO_2 bij AEB zonder compressiekosten zijn €60 per ton afgevangen CO_2.

Bijlage 6: Achtergronden bij reguleringskader

6.1 Reguleringskader

Voor het verkrijgen van inzicht in het reguleringskader voor het project “Inzet industriële rest-CO_2 voor tuinbouw in Noord-Holland” is het zinvol om te kijken naar richtlijnen en wetgeving op het gebied van CCS binnen Europa en Nederland. Hoewel er bij inzet van CO_2 in de tuinbouwsector geen sprake lijkt van permanente opslag, is er wel een overeenkomst op het gebied van afvangst en transport. Daarom worden de EU CCS-richtlijn en de implementatie daarvan in de Nederlandse wetgeving hieronder toegelicht. Daarnaast worden de rollen en verantwoordelijkheden van de betrokken partijen uitgediept.

6.2 Europese CCS richtlijn (Rl. 2009/31/EC)

In 2009 is er door de Raad van Ministers en het Europees Parlement een akkoord over de CCS-richtlijn voor de EU tot stand gekomen (Europese Unie, 2009), waardoor deze op 25 juni 2009 in werking is getreden. Het doel van deze richtlijn is het creëren van een juridisch raamwerk voor de geologische opslag van CO_2. Bij het opstellen van de richtlijn is besloten om verschillende onderdelen (afvangst, transport en opslag) apart te benaderen, waarbij het uitgangspunt de bestaande EU-regelgeving voor activiteiten met vergelijkbare risico’s was. De CCS-richtlijn vormt dus geen zelfstandig reguleringskader voor de gehele CCS-keten. Zo werden afvangst- en transportactiviteiten onder regelgeving gebracht die al bestond voor een aantal activiteiten met vergelijkbare risico’s (bijv. aardgastransport). In het kader van dit project ”Inzet industriële rest-CO_2 voor tuinbouw in Noord-Holland” zijn enkel de afvangst- en transportregulering van belang aangezien er geen sprake is van permanente opslag van CO_2 (Roggenkamp et al., 2009).
Een overzicht van de relevante EU wetgeving (inclusief relevante bestaande EU-regelgeving op het gebied van activiteiten met vergelijkbare risico’s) is gegeven door Harmelink et al. (2011); in de CCS-keten zijn de volgende EU Richtlijnen relevant:

- **Storage Directive**
  De Storage Directive is van toepassing op het geologisch opslaan van CO_2 en is dus niet van toepassing op deze studie.
- **ETS Directive**
  Indien het CO_2 onder de EU ETS valt moeten, over de geleverde CO_2-emissierechten overlegd worden. Welke partij uiteindelijk verantwoordelijk is voor het overleggen van emissierechten kan variëren. Volgens De Wolff (2009) zijn twee constructies mogelijk:

  1. De CO_2-producent overlegt de emissierechten zoals gewoonlijk en het transport en afvoeren van CO_2 wordt buiten het kader van de emissiemonitoring gelaten. De afnemer van het CO_2 betaalt dan een vergoeding aan de producent voor de emissierechten die de producent moet overleggen in het EU ETS.
  2. Het geleverde CO_2 door de producent aan de afnemer wordt in mindering gebracht op de emissie van de producent. De afnemer neemt dan de emissie over en zal hierover dan emissierechten moeten overleggen. Dit betekent dat de afnemer moet gaan deelnemen aan het EU ETS. De afnemer hoeft echter geen vergoeding meer te betalen aan de producent voor de te overleggen emissierechten.

  In het geval dat het geleverde CO_2 niet onder de EU ETS valt (bijv. geen proces-gerelateerde emissie of een niet-fossiele emissie) zijn er voor de ontvangende tuinders geen ETS-consequenties verbonden aan de levering. Beide beoogde CO_2-bronnen, AEB en HVC, zijn niet geregistreerd bij de Nederlandse Emissie Autoriteit (NEA) en doen dus niet mee aan het

ETS. Hierdoor zullen de tuinders in de onderzochte scenario's niet met het EU ETS te maken krijgen.

- **Environmental Liability Directive**
  De Environmental Liability Directive heeft betrekking op geologische opslag en de aansprakelijkheid bij schade aan het milieu. Dit is niet van toepassing in deze studie.
- **Environmental Impact Assessment Directive**
  De CCS richtlijn amendeert richtlijn 85/337/EEC: volgens Annex 1 dienen CO_2-afvangst, -transport en -opslag projecten met een afvangst van 1,5 Mtpa of meer en leidingen met een diameter van 800 mm of meer en een lengte van 40 km of meer verplicht een Environment Impact Assessment (EIA) uit te voeren. Voor projecten die niet aan deze criteria voldoen is de EIA vrijwillig. Lidstaten mogen zelf beslissen of deze projecten een EIA moeten doen.
- **Waste Directive**
  Volgens het Waste Directive moet CO_2 dat wordt afgevangen, getransporteerd en opgeslagen niet gezien worden als afval.

Specifiek voor het afvangstgedeelte gelden nog het Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC) Directive en het Large Combustion Plant (LCP) Directive. Het IPCC Directive geldt echter alleen voor afvangst met als doel geologische opslag; dit is niet het geval in deze studie. Ook het LCP Directive is niet van toepassing in deze studie omdat deze gericht is op het 'capture-ready' zijn van nieuw te bouwen energiecentrales met een elektrisch vermogen van meer dan 300 MW.

Tot slot geldt op basis van de CCS Directive de verplichting van EU-lidstaten om potentiele gebruikers in staat te stellen toegang te verkrijgen tot faciliteiten voor transport en opslag van CO_2. Dit heeft dus impact op zowel de eigenaren als de gebruikers van de infrastructuur. Ook de waarschijnlijke besteding van publiek geld is een argument voor derden toegang tot de infrastructuur (EBN, 2010).

6.3 Nederlandse implementatie t.a.v. Europese CCS-richtlijn

Nederland heeft de EU CCS-richtlijn zo veel mogelijk een op een geïmplementeerd in bestaande nationale wetgeving. Volgens Harmelink et al. (2011) zijn de volgende wetten relevant in de CCS-keten:

- **Mijnbouwwet (Overheid, 2014)**
  De Mijnbouwwet is vooral gericht op het geologisch opslaan van CO_2 en het opsporen van potentiele CO_2-opslagreservoirs. Omdat deze studie niet gericht is op geologische opslag van CO_2 zal de Mijnbouwwet verder niet van invloed zijn.
- **Wet Milieubeheer (Overheid, 2014)**
  De wet milieubeheer is volgens artikel 16.2 mede van toepassing op het transport van CO_2. De besluiten hebben echter vooral betrekking op emissierechten en de handel daarin en zijn niet van toepassing op de beoogde CO_2-bronnen in deze studie (afvalverbrandingsinstallaties).
- **Besluit Milieueffectrapportage 1994 (Overheid, 2014)**
  De implementatie van het CCS Directive in het besluit milieueffectrapportage 1994 is conform het CCS Directive. Dit betekent dat afvangstinstallaties met een afvangst van 1,5 Mtpa of meer met het oog op geologische opslag onder het besluit milieueffectrapportage vallen. Ook leidingen met een diameter van 80 cm en een lengte van 40 km of meer, inclusief desbetreffende pompstations, ten behoeve van geologische opslag vallen onder het besluit milieueffectrapportage.,

- **Besluit Handel in Emissierecht (Overheid, 2014).**
  Gezien de oorsprong van het CO_2 in deze studie valt deze niet onder het EU ETS en is het besluit handel in emissierecht niet van toepassing. Dit besluit is wel van toepassing op afvalverbrandingsinstallaties. Hierbij gaat het echter om het meten en registreren van emissies.

Voor afvangst geldt verder het besluit emissie-eisen grote stookinstallaties milieubeheer (BEES-A) en MR omgevingsrecht, dit is echter net als het LCP Directive niet van toepassing in deze studie omdat er geen nieuwe stookinstallaties gebouwd worden. In feite heeft het CCS Directive alleen invloed op het afvangen en transporteren van CO_2 via het Besluit Milieueffectrapportage (Roggenkamp et al. 2009). Echter, op basis van de af te vangen hoeveelheid CO_2 (minder dan 1,5 Mtpa) en de verwachte leidingdiameter (minder dan 800 mm) als ook het doel van het CO_2 (plantbemesting en geen geologische opslag) kan worden gesteld dat het opstellen van een milieueffectrapportage niet verplicht is voor dit project. Verder zijn voor zowel de producent als afnemer van het CO_2 geen implicaties gevonden in de implementatie van de CCS Directive in de Nederlandse wet- en regelgeving.

De afvangst en transportsystemen dienen echter wel aan de bestaande wetgeving de aanleg en/of het hergebruik van pijpleidingen te voldoen voor activiteiten met vergelijkbare risico's. Voor het transportsysteem betekent dit dat er aan het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BEVB) (Overheid, 2014) moet worden voldaan. Roggenkamp et al. (2009) stellen dat de aanleg van CO_2-pijpleiding in beginsel vrij is (onderhevig aan huidige wet- en regelgeving) maar dat het in praktijk kan afhangen van vergunningen in het kader van de bescherming van het milieu en de ruimtelijke ordening en overeenkomsten met rechthebbenden op de ondergrond.

6.4 Tariefstructuur

Het tarief dat tuinders betalen voor het aan hen geleverde CO_2 bestaat uit een aantal componenten welke variabel en case afhankelijk zijn. Een belangrijke parameter is bijvoorbeeld de hoeveelheid afgevangen en te transporteren CO_2. We veronderstellen dat het tarief is opgebouwd uit de volgende componenten:

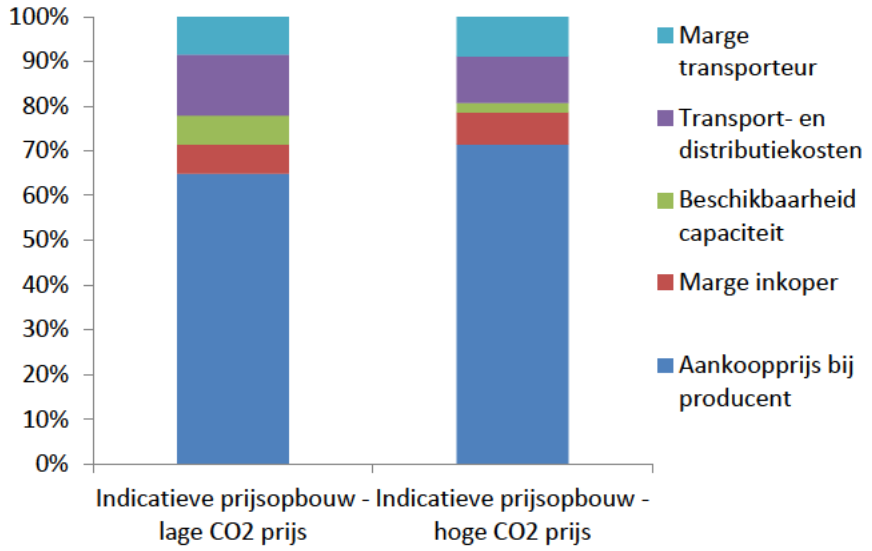
- Aankoopprijs CO_2 bij producent
- Marge inkoper
- Beschikbaarheid van capaciteit (KVGN, 2013)
- Transport- en distributiekosten
- Marge transporteur

Op basis van het IPCC (2005) rapport over CCS en een aantal aannames t.a.v. marges en kosten voor beschikbaarheid van capaciteit is een indicatief overzicht samengesteld de tariefstructuur van CO_2 voor tuinders. Op basis van het bereik van de kosten van de CCS systeem componenten kan een verdeling worden gemaakt in een 'lage' en 'hoge' CO_2-prijs. Een 'lage' CO_2-prijs zal optreden in het geval van grote volumes die over relatief kortere afstanden (minder compressie) worden getransporteerd terwijl de 'hoge' prijs zal gelden voor kleine volumes en grotere transportafstanden (meer compressie). Daarnaast is het voor de transportkosten van belang of het gaat om hergebruik van een oude (olie- of gas-)leiding of de aanleg en constructie van een nieuwe dedicated CO_2-leiding.
Ook is de oorsprong van het CO_2: van belang. In het geval van waterstofraffinage is de beschikbare CO_2 nagenoeg zuiver beschikbaar (waardoor er minder handelingen nodig zijn om het CO_2 'transport klaar' te maken), terwijl bij afvangst bij een afvalverbrandingscentrale er een speciale afvangstinstallatie moet worden geplaatst, wat de aankoopprijs bij de producent verhoogt. In Tabel 20 is een indicatieve prijsrange weergegeven voor de verschillende prijscomponenten van de CO_2-prijs voor tuinders. Er is geen component toegevoegd om rekening te houden met de emissierechten uit het ETS omdat de oorsprong van de CO_2 niet onder het ETS valt.

Component	Prijsrange			Aanname	Bron
	Laag	Hoog	Eenheid		
Aankoopprijs bij producent	3.8	42.5	€/ton	Kosten CO_2-afvangst bij waterstof productie	IPCC, 2005
Marge inkoper	0.4	4.3	€/ton	10% van aankoopprijs	
Beschikbaarheid capaciteit	0.4	1.3	€/ton	25% van transportkosten	
Transport- en distributiekosten	0.8	6.2	€/ton	Op basis van onshore leiding, 250 km (5 Mtpa of 40 Mtpa)	IPCC, 2005
Marge transporteur	0.5	5.3	€/ton	10% van transport- en distributiekosten en prijs bij inkoper	
Totaal prijs	6.6	58.2	€/ton		

Tabel 20 Indicatieve range voor de prijsopbouw van te leveren CO_2 aan tuinders op basis van gegevens voor CCS.

De indicatieve verdeling van de tariefstructuur is weergegeven in Figuur 6-1



Figuur 6-1 Indicatieve verdeling tariefstructuur voor tuinders.

Wat opvalt, is dat zowel in het geval van een lage als een hoge CO_2-prijs de aankoopprijs de grootste component is in de tariefstructuur. De manier waarop CO_2 beschikbaar is bij de bron, en dus de aankoopprijs bij de producent, zal voor veruit het grootste gedeelte de prijs van het te leveren CO_2 bepalen. Daarna zijn de transport- en distributiekosten de belangrijkste factor in de tariefstructuur. De CO_2-prijs voor de tuinder zal dus voor een belangrijk deel afhangen van de aard van de leiding (nieuw of hergebruik), de transportafstand en de te transporteren volumes.

De exacte tariefstructuur voor de gedefinieerde scenario's moet nog verder worden ingevuld en is ook afhankelijk van de scenario-ontwikkeling. Indien één van deze scenario's gerealiseerd gaat wordt met behulp van investeringsondersteuning van de Nederlandse overheid, zoals de OCAP-uitbreiding naar Abengoa, dan is het mogelijk dat er door de overheid een tariefstelling wordt opgelegd, zoals beschreven in Steunmaatregen N 208/2010 (Europese Commissie, 2010). Hierin wordt o.a. gesteld dat de tarieven voor het geleverde CO_2 via de nieuw aan te leggen infrastructuur mogen variëren tussen 47 euro/ton en 79 euro/ton, afhankelijk van de gecontracteerde leveringscapaciteit en de

afgenomen vollasturen. Tegelijkertijd varieerden de toenmalige tarieven voor de bestaande leveringsgebieden tussen 38 euro/ton en 72 euro/ton. Het is niet duidelijk hoe de prijzen voor de levering van CO_2 aan tuinders zich sinds 2010 ontwikkeld hebben. Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat er wet- of regelgeving van invloed is op de prijsstelling voor de afzonderlijke componenten in de tariefstructuur. Daarom wordt aangenomen dat er alleen wet- en regelgeving van toepassing kan zijn op de totale tariefstelling van CO_2.

Bijlage 7: Draaiboek ontwerpfase

Tussen de intentieverklaring en de exploitatiefase van een CO_2-transportleiding liggen verschillende fases met daarin acties die moeten worden ondernomen. Hieronder wordt in hoofdlijnen beschreven hoe deze fases eruit zien.

7.1 Initiatiefase

Tijdens de initiatiefase wordt het realisatie project opgestart. Hierbij wordt gestart met het opstellen van het projectteam. Dit team bestaat uit de belangrijkste stakeholders, zoals eerder beschreven in deze rapportage. Iedere stakeholder zal hierbij een bepaalde rol gaan vervullen binnen het realisatieproject. Vervolgens zal het voorlopig tracé worden bepaald. Nadat het tracé bekend is, dient te worden geïnventariseerd welke infrastructuren en bijzondere passages er langs dit tracé liggen, alsmede dient er te worden geïnventariseerd welke vergunningen er noodzakelijk zijn. De bepaling van de infrastructuur kan via een zogenaamde Klic melding. Ook zal van dit tracé de veiligheidsgrenzen bepaald dienen te worden. Deze zijn noodzakelijk voor het bepalen van de te nemen maatregelen bij de aanleg. Bij gebruik van bestaande leidingen dient de integriteit van deze leidingsegmenten te worden onderzocht. Nadat alles in kaart is gebracht, kan het definitieve tracé worden vastgelegd en kunnen de benodigde vergunningsverzoeken worden ingediend en indien nodig dienen de bodemanalyses te worden uitgevoerd. Wanneer alle vergunningen binnen zijn kan begonnen worden met de voorbereidingsfase

7.2 Voorbereidingsfase

Tijdens de voorbereidingsfase wordt het voorlopig ontwerp (VO) en het daaruit vloeiende definitief ontwerp (DO) opgesteld. Op basis van dit DO wordt een bestek opgesteld voor de uitbesteding van de werkzaamheden. Afhankelijk van de gemaakte keuze wordt door de netbeheerder of de aannemer de benodigde materialen ingekocht. Nadat de uitbestedingsprocedure is doorlopen wordt in samenspraak met de aannemer een veiligheids- en uitvoeringsplan opgesteld. Hierin wordt de fasering van het project beschreven alsmede de te nemen veiligheidsmaatregelen, zoals de benodigde (weg)afzettingen. Nadat alle benodigde componenten binnen zijn en alle plannen zijn opgesteld kan worden overgegaan naar de realisatiefase.

7.3 Realisatiefase

Aan het begin van de realisatie fase dient een graaf klic-melding te worden gemaakt. Dit informeert overige netbeheerders in en rond het tracé dat er graafwerkzaamheden gaan plaatsvinden, zodat eventuele extra maatregelen tijdens de ontgraving meegenomen kunnen worden. Op een centrale plek zal een locatie worden ingericht voor de opslag van materiaal en materieel. Vervolgens kan worden begonnen met de realisatie van het leidingtracé. Op locaties waar realisatie via een open gleuf niet mogelijk zijn zullen gestuurde boringen worden uitgevoerd. Bij de bron(nen) zal een overslagstation worden gerealiseerd en bij de de afnemers zullen afleverpunten worden gerealiseerd. Van de gerealiseerde leidingen worden de lassen gecontroleerd alsmede drukproeven om de aanwezigheid van lekkages uit te kunnen sluiten. Als laatste worden de benodigde maatregelen aangebracht ter voorkoming van graafschades en wordt de leiding op druk gebracht en ontlucht.

7.4 Beheerfase

Wanneer de transport- en distributieleiding is gerealiseerd, dient deze te worden geregistreerd. Ook zal er een onderhoudspartij moeten worden gecontracteerd voor het uitvoeren van onderhoud en monitoren van de leiding. Hiervoor dient een onderhouds- en calamiteitenplan te worden opgesteld. Wanneer de leiding in onderhoud is gebracht kan deze worden vrijgegeven voor het transport van CO_2.