Ontwikkelstrategie Energietransitie NZKG

Kansen en acties, nu en later

CE Delft

Committed to the Environment

Ontwikkelstrategie Energietransitie NZKG

Kansen en acties, nu en later

Dit rapport is geschreven door:
Cor Leguijt, Frans Rooijers, Anouk van Grinsven, Harry Croezen, Sebastiaan Hers, Martijn Blom, Eelco den Boer, Reinier van der Veen, Joost van der Waal (Studio Marco Vermeulen), met medewerking van Carl Koopmans (SEO Economisch Onderzoek)

Delft, CE Delft, oktober 2018

Publicatienummer: 18.5P68.119

Waterwegen / Kanalen / Havens / Gebiedsgericht milieubeleid / Duurzame ontwikkeling / Energievoorziening / Emissies / Reductie / Samenwerking / Industrie / Transport / Economische factoren / Milieufactoren

VT: Energietransitie / Klimaatneutraal

Opdrachtgever: Projectbureau Noordzeekanaalgebied

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Cor Leguijt (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

Inhoud

	MANAGEMENTSAMENVATTING	5
	Uitgebreide samenvatting	6
1	Inleiding	13
	1.1 Aanleiding	13
	1.2 Doel en vraagstelling	13
	1.3 Proces en opzet	13
	1.4 Afbakening	14
	1.5 Leeswijzer	15
2	NZKG in de energietransitie	17
	2.1 De wereld in de energietransitie	17
	2.2 Ruimte in het NZKG	18
3	Naar een klimaatneutraal NZKG	21
	3.1 Introductie	21
	3.2 CO_2-emissies in het Noordzeekanaalgebied	21
	3.3 Klimaatneutrale elektriciteitscentrales NZKG	22
	3.4 Klimaatneutrale industrie in het NZKG	23
	3.5 Klimaatneutraal transport in het NZKG	24
	3.6 Conclusies klimaatneutraliteit NZKG	25
4	Eerste verkenning economische kansen en diensten vanuit transitie	27
	4.1 Introductie	27
	4.2 Scores op de economische criteria	27
	4.3 Resultaat van de analyses	28
	4.4 Conclusies	30
5	Ontwikkelrichtingen NZKG	31
	5.1 Introductie	31
	5.2 Ontwikkelrichtingen kwalitatief verkend	31
	5.3 Kwantitatieve verkenning van de ontwikkelrichtingen	33
	5.4 Grafische verbeeldingen van de ontwikkelrichtingen	37
6	Conclusies en aanbevelingen	51
7	Lijst gebruikte afkortingen	55
8	Geraadpleegde literatuur	56

A Overzicht interviews en werkateliers 61
A.1 Interviews 61
A.2 Werkgroep 61
A.3 Werkateliers 62

B Verkenning klimaatneutraliteit NZKG-industrie 64
B.1 Analyse-opzet 64
B.2 Inventarisatie warmtevragende industriële processen in NZKG 66
B.3 Berekening van aardgasgebruik en benodigde extra netcapaciteit 67
B.4 Evaluatie mogelijkheden voor klimaatneutraliteit NZKG-bedrijven 78
B.5 Indicatie van tijdspanne 83
B.6 Conclusies klimaatneutraliteit NZKG-industrie 84

C Klimaatneutraal goederentransport 86
C.1 Introductie 86
C.2 Klimaatneutraal transport: mogelijkheden en ontwikkelingen 86
C.3 Ontwikkeling goederenstromen 88

D Waterstof in het NZKG 91
D.1 Introductie 91
D.2 De waterstofketen 91
D.3 Ontwikkelstappen waterstof in het NZKG 94

E Over economische kansen en diensten 96
E.1 Introductie 96
E.2 Toelichting economische criteria 96
E.3 CO_2-hergebruik en -opslag 96
E.4 Recyclinghub (circulaire economie) 99
E.5 Warmte voor MRA 100
E.6 Offshore windparken, aanleg en onderhoud 101
E.7 Brandstofopslag (klimaatneutraal) voor Schiphol 102
E.8 Biobased (chemie) 103
E.9 Elektriciteits-flexproductie (met waterstof) 104
E.10 Waterstofchemie/synthetische brandstoffen 105
E.11 Brandstofproductie (klimaatneutraal) voor export 106
E.12 Biomassatransport en -opslag 107
E.13 Elektrometaal 108
E.14 Vergroening binnenvaartcorridors 109
E.15 Lokale hernieuwbare elektriciteitsproductie (met name Wind op Land) 110
E.16 CO_2-effecten 111

F Over de ontwikkelrichtingen 113
F.1 Introductie 113
F.2 Achtergrondinformatie bij de gehanteerde cijfers 113

G Eerste aanzet indicatieve zonering 117
G.1 Inleiding 117
G.2 Situationele beoordeling 118

G.3 Omgevingswet 119
G.4 Ombouwen van aardgasgestookte Hemwegcentrale naar een waterstofgasgestookte Hemwegcentrale 119
G.5 Eerste indicatieve afstanden 120

MANAGEMENTSAMENVATTING

De ambitie van het Bestuursplatform Noordzeekanaalgebied (NZKG) is dat het NZKG vanuit de energietransitie en circulaire economie een zo groot mogelijke bijdrage levert aan de internationale concurrentiepositie van de Metropoolregio Amsterdam (MRA). Dit advies over een ontwikkelstrategie energietransitie voor het NZKG laat zien wat daarvoor de basisstappen voor de korte termijn, en de verdere belangrijke ontwikkelrichtingen zijn.

Basisstappen

De basisstappen zorgen er ten eerste voor dat het NZKG-klimaatneutraal kan worden en daarmee economisch vitaal en aantrekkelijk blijft, ten tweede dat het NZKG een belangrijke bijdrage levert aan een klimaatneutrale en circulaire ontwikkeling van de MRA als energiehub voor de omgeving, en ten derde dat de belangrijkste economische kansen op de korte termijn vanuit de energietransitie kunnen worden gepakt. Werken aan energiebesparing is daarbij een uitgangspunt. De zes basisstappen zijn:

- **'Infra op orde'**, bestaande uit:
  1. Verzwaren van het elektriciteitsnet in het NZKG.
  2. Geleidelijk omzetten van het aardgasnet naar een waterstofnet, inclusief aansluiting op een landelijk waterstofnet.
  3. Aanleg van een CO_2-net in het NZKG, met uitvoermogelijkheid naar lege gasvelden onder zee.
  4. Warmtelevering aan de Metropoolregio Amsterdam, met restwarmte en mogelijk geothermie.
  5. Ruimte bieden aan uitbreiding van de circulaire economie in het NZKG.
  6. Ruimte bieden aan activiteiten gericht op aanleg en onderhoud van windparken op zee.

Ontwikkelrichtingen

Naast deze basisstappen zijn vier ontwikkelrichtingen verkend, die aansluiten bij actuele discussies in de regio over de ontwikkeling van de activiteiten in het NZKG. De richtingen kunnen in principe worden gecombineerd. Die richtingen, en het advies daarover, zijn:

1 **NZKG: Als nationale/internationale waterstofhub.** Dit is een innovatiespoor voor de langere termijn dat past bij de ontwikkeling van het gebied. Het advies is om die innovatie te faciliteren. Waterstof kan worden geproduceerd bij het aanlandingspunt van Wind op zee, en/of op windparken ver weg op de Noordzee en dan als waterstof naar land worden getransporteerd, en/of worden geïmporteerd per tanker, en worden opgeslagen in bestaande brandstofopslag. Daarnaast adviseren we om in ieder geval in te zetten op koppeling met een landelijk waterstofnet om daarmee continue aanvoer van waterstof te kunnen borgen.

2 **NZKG: Alle afgevangen CO_2 als grondstof voor chemie (plastics).** Ook dit is een innovatiespoor voor de langere termijn, met het advies om dat te faciliteren. Of het commercieel succesvol en schaalbaar is valt nu nog niet te zeggen. Daarom adviseren we daarnaast om in ieder geval ook te zorgen voor de uitvoermogelijkheid van CO_2 naar lege aardgasvelden onder de Noordzee.

3 **NZKG: Als elektriciteitsleverancier voor de MRA.** De vraag in de MRA naar hernieuwbare elektriciteit neemt toe. De NZKG kan daarin voorzien. Vanuit de aanlanding van Wind op zee, vanuit wind en zon op land en op daken, en ook vanuit de gasgestookte Hemweg 9-centrale die na 2030 wordt omgebouwd naar waterstof. De ruimte voor Wind op land kan tijdelijk worden uitgegeven, waarbij het zaak is te blijven zoeken naar een optimale ruimtelijke inpassing.

4 **NKZG: Productie en opslag van biobased transportbrandstof.** Grootschalige biobrandstof-productie vergt veel meer ruimte dan er beschikbaar is. Geleidelijke bijmenging en opslag van geïmporteerde biobrandstoffen in de huidige handel past juist heel goed bij het behoud van de internationale concurrentiepositie. Ook relatief kleinschalige biobrandstofproductie uit reststoffen past daar goed bij, als onderdeel van de uitbreiding van de circulaire economie.

Uitgebreide samenvatting

De ambitie van het Bestuursplatform Noordzeekanaalgebied (NZKG) is dat het NZKG vanuit de energietransitie en circulaire economie een zo groot mogelijke bijdrage levert aan de internationale concurrentiepositie van de Metropoolregio Amsterdam.
Het Projectbureau NZKG heeft CE Delft, Studio Marco Vermeulen en SEO Economisch Onderzoek opdracht gegeven om een ontwikkelstrategie energietransitie NZKG uit te werken. We gaan daarbij eerst in op de robuuste strategische stappen voor de korte termijn (de basisstappen). Vervolgens verkennen we vier mogelijke ontwikkelrichtingen voor de langere termijn.

Basisstappen: NZKG toekomstgereed voor de energietransitie

De wereld verandert naar klimaatneutraal en circulair in 2050. Die verandering vergt actie en biedt kansen voor het NZKG. Als onderdeel van die mondiale transitie zullen ook de industriële bedrijven en het transport in het NZKG klimaatneutraal worden. Omdat daarvoor ook aanpassingen van de energie-infrastructuren nodig zijn vergt dit gezamenlijke actie. Daarnaast zijn er op korte termijn economische kansen voor het NZKG voor uitbreiding van de warmtelevering aan de bebouwde omgeving van de Metropoolregio Amsterdam en voor nieuwe economische activiteiten in het gebied die samenhangen met de transitie naar klimaatneutraal en circulair. Werken aan energiebesparing is daarbij een uitgangspunt. De strategische stappen **(**de **'basisstappen')** voor de korte termijn zijn:

1 De elektriciteitsinfrastructuur in het gebied wordt verzwaard ten behoeve van de groeiende vraag naar elektriciteit (elektrificatie in de industrie, elektrisch vervoer, elektrische warmtepompen). Ook smart grids passen daarbij.
2 De bestaande aardgasinfrastructuur wordt geleidelijk omgebouwd naar een waterstofinfrastructuur, inclusief een koppeling met een landelijk waterstoftransportnetwerk.
3 Het bestaande CO_2-net van OCAP dat nu vanuit Rotterdam via de glastuinbouwgebieden tot aan het havengebied in Amsterdam loopt wordt uitgebreid naar AfvalEnergieBedrijf Amsterdam (AEB) en naar Tata Steel, met ook een uitvoermogelijkheid naar CO_2-opslag in lege aardgasvelden onder de Noordzee.
4 Het NZKG gaat warmte leveren aan de bebouwde omgeving in IJmond, Zaanstad en Amsterdam, vanuit restwarmtebronnen, indien geologisch mogelijk vanuit geothermie, en op termijn ook met restwarmte op lage temperatuur van datacenters. Een deel van het warmtenetwerk is al bestaand.
5 In het NZKG wordt ingezet op uitbreiding van de circulaire economie, mede vanwege het strategische knooppunt van energie- en logistieke infrastructuren in het gebied. Hieronder valt ook relatief kleinschalige bio-energieproductie (biobrandstoffen, groengas) uit reststromen.
De circulaire economie vergt ook uitbreiding van (fysieke en milieu-) ruimte.
6 In het NZKG wordt ruimte geboden voor aanleg en onderhoud van windparken op zee.
Dat vergt een haven, en daarnaast ook ruimte voor opslag, assemblage en productie van onderdelen.

De eerste drie basisstappen zijn essentieel om het NZKG toekomstgereed te maken voor de energietransitie en daarmee economisch vitaal te houden. We hanteren daarvoor de term: '**Infra op orde**'. Met Basisstappen 4 en 5 wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan de transitie van de MRA als geheel naar klimaatneutraal en circulair waarnaar nu al concrete marktvraag is, en Basisstap 6 is een belangrijke economische kans in het gebied die voortkomt uit de energietransitie en de strategische ligging van het gebied nabij de windparklocaties op de Noordzee, waarnaar óók nu al concrete marktvraag is.

Om deze basisstappen daadwerkelijk te realiseren adviseren we om samen met de belanghebbende partijen een proces te starten dat leidt tot een uitvoeringsprogramma. De regionale overheden kunnen dat proces initiëren en de voortgang van het proces monitoren en aansturen. Een belangrijk onderdeel van dat uitvoeringsprogramma vormt een gezamenlijke investeringsagenda, met daarin de concrete investeringen door de geëigende partijen (netbeheerders, industrie, met bijdragen van de regionale overheden en van het Rijk en de EU). Het uitvoeringsprogramma moet robuust zijn en adaptief, vanwege de vele onzekerheden die er nu nog zijn bij de energietransitie. Sommige van de deelprocessen zijn al gestart, zoals de Stuurgroep Warmte/Koude MRA. Een ander voorbeeld van een deelproces is de ontwikkeling van waterstofinfrastructuur in het gebied, dat ook in samenhang moet worden bezien met de elektrificatie van industriële processen. Hier ligt een hoge urgentie, niet alleen vanuit de klimaatopgave maar ook omdat het Rijk aangekondigd heeft dat de grote industrieën van het laagcalorisch 'Groningengas' af moeten.

Keuzes nodig voor de langere termijn ontwikkeling: vier ontwikkelrichtingen

Naast deze basisstappen, waarmee per direct kan worden aangevangen, is er ook behoefte aan een beeld voor de langere termijn economische en ruimtelijke ontwikkeling van het gebied in de energietransitie. Als het gaat om technische innovaties met een economisch potentieel beginnen deze kleinschalig met pilots en demoprojecten, maar indien succesvol is het de bedoeling om vervolgens op te schalen. Het is daarom, gezien de schaarse ruimte in het NZKG, belangrijk om nu al te verkennen of een bepaalde ontwikkeling op termijn ruimtelijk in te passen is in het gebied, en past bij de energietransitie. Hiertoe zijn vier mogelijke ontwikkelrichtingen verkend. Ze sluiten aan bij actuele energie-en klimaatdiscussies in de regio over de mogelijke ontwikkeling van het gebied. De ontwikkelrichtingen zijn onder andere beoordeeld op hun ruimtelijke impacts en economische kansen. Op basis daarvan geven we een advies voor keuzes voor de langere termijn ontwikkeling.

De vier ontwikkelrichtingen zijn:

1. **NZKG als nationale/internationale waterstofhub**
   Het NZKG heeft vanouds een positie als energiehub. De vraag die bij 'energiehub waterstof' centraal staat is: kan het NZKG een rol spelen als nationale/internationale waterstofhub? Waterstof is immers in de energietransitie op weg om het belangrijkste gas van de toekomst te worden. Het is een innovatiespoor met potentiële economische kansen voor het NZKG. Bij het aanlandingspunt van Wind op Zee is een kans om elektriciteit meteen om te zetten in waterstof en vervolgens verder te transporteren. Dat biedt ook mogelijkheden voor meer aanlanding van Wind op zee zonder dat daarvoor extra hoogspanningsverbindingen het binnenland in hoeven te worden aangelegd. Voor windparken ver op de Noordzee kan het aantrekkelijk zijn om de energie in de vorm van waterstof naar land te transporteren. In de toekomst is het goed voorstelbaar dat waterstof per tanker uit zonniger streken van de wereld wordt aangevoerd. Dat past bij de bestaande overslag en opslag van vloeibare brandstoffen in het NZKG, en biedt een kans om de geprognosticeerde daling van de vraag naar vloeibare brandstoffen op te vangen.
2. **Alle afgevangen CO_2 gebruiken als grondstof**
   CO_2 als grondstof is een ander innovatiespoor. Technisch kan het nu al, commercieel en grootschalig is het nog niet. Als fossiel CO_2 wordt gebruikt als grondstof voor plastics past het – onder voorwaarden- in de klimaatneutrale toekomst. Bij het chemische proces is ook een volcontinue aanvoer van waterstof nodig. Dat kan vanuit het al in de basisstappen geadviseerde landelijke waterstoftransportnet. Als die waterstof wordt geproduceerd vanuit Wind op Zee, zonder aansluiting op een landelijk waterstofnet met andere waterstofbronnen en eventuele opslag, is ook een waterstofopslag in het NZKG nodig. Opschaling van de ontwikkeling naar industriële schaalgrootte van processen om CO_2 te benutten als grondstof voor plastics vergt tijd; grootschalige ontwikkeling kan naar verwachting na 2025. Investeringsbeslissingen zullen afhankelijk zijn van de te bereiken kostprijs van de grondstof ten opzichte van alternatieven. Het fysieke ruimtebeslag van een grootschalige grondstoffabriek in het NZKG die de volledige

8 Mton aan af te vangen CO_2 kan verwerken is relatief beperkt, circa 30 ha, en logischerwijs te positioneren nabij TataSteel als grootste producent van CO_2 (en CO) in het gebied.

3. **NZKG als elektriciteitsleverancier voor de MRA**
   De economie vraagt steeds meer elektriciteit. Bijvoorbeeld voor elektrificatie van de industrie, voor elektrisch rijden, en voor elektrische warmtepompen in gebouwen. In de energietransitie wordt al die elektriciteit uiteindelijk klimaatneutraal geproduceerd. En dat vergt ruimte. Ruimte is in het NZKG in principe voorhanden. De vraag is hoe die ruimte het beste kan worden benut. In het NZKG staat al 75 MW aan Wind op Land opgesteld, er zijn plannen voor nog eens 125 MW, en er is sprake van geplande aanlanding van 2,1 GW aan Wind op Zee in de IJmond. Verder kunnen daken en gronden worden benut voor zonne-elektriciteitsproductie. En het voornemen is om na 2030 de gascentrale Hemweg 9 om te bouwen naar waterstof als brandstof in plaats van het huidige aardgas.
4. **Productie en opslag van biobased brandstoffen**
   Het NZKG is de grootste benzinehaven ter wereld, met grootschalige importen en exporten. Een geleidelijke overstap naar import, menging, opslag en export van biobrandstoffen in plaats van fossiele vloeibare brandstoffen past bij de route naar een klimaatneutrale energievoorziening, en de wereldmarkten zullen daar ook meer en meer om gaan vragen. Die transitie roept de vraag op of het NZKG haar economische waarde niet kan vergroten door de biobrandstoffen in de toekomst niet alleen te verhandelen en op te slaan, maar door die ook te gaan produceren in het gebied.

Advies over de ontwikkelrichtingen

De verschillende ontwikkelrichtingen – en varianten daarop- hebben sterk uiteenlopende ruimtelijke impacts wanneer ze worden getoetst aan de onderzoeksvraag van de energietransitie naar klimaat-neutraal en op hun economische kansen. Op basis van die beoordeling adviseren we, náást de inzet op de genoemde basisstappen, het volgende:

- Waterstofhub: Waterstofproductie uit elektriciteit op het aanlandingspunt van Wind op Zee (zogenaamde 'groene waterstof') is een **innovatiespoor** dat goed past bij de klimaatneutrale toekomst.
  De productie vergt relatief weinig ruimte, circa 6 ha om de huidige aardgasvraag in het gebied te vervangen door waterstofproductie (op jaarbasis). Bovengrondse opslag van waterstof vergt overigens juist veel ruimte. Gezien het belang van een continue waterstofbeschikbaarheid voor het gebied in de toekomst adviseren we om daarom in ieder geval in te zetten op koppeling van het NZKG met een landelijke transportinfrastructuur voor waterstof (een onderdeel van **'Infra op orde'** in de basisstappen). Grootschalige *commerciële* productie van groene waterstof wordt pas na 2030 verwacht, van innovatieve projecten is nu al sprake. Die innovatieve ontwikkeling kan worden gefaciliteerd in het NZKG. Hetzelfde geldt voor aanlanding van waterstof dat in de toekomst mogelijk wordt geproduceerd bij verre windparken op zee. Import van waterstof per tanker, en opslag daarvan in het gebied, past goed bij de bestaande brandstofindustrie in het NZKG. Het ruimtebeslag van waterstofimport kan goed samengaan met de huidige ruimte voor brandstofimport- en export , waardoor er nu nog geen ruimtelijke keuzes hoeven te worden gemaakt, en deze vorm van import en opslag kan (een deel van) de geprognosticeerde daling van de volumes van de brandstofindustrie in het gebied opvullen. Commerciële waterstofimport per tanker wordt na 2030 verwacht.
- Het **innovatiespoor** om eerst koolmonoxide en later kooldioxide te gebruiken voor grondstof-productie voor de chemische industrie past in principe bij de klimaatneutrale toekomst.
  Het fysieke ruimtebeslag voor de grondstoffenfabriek(en) is relatief beperkt (ca. 30 ha), en de benodigde waterstof kan vanuit de in de basisstappen geadviseerde aansluiting op een landelijk waterstofnet worden betrokken. Qua locatie in het NZKG ligt het voor de hand om zo'n ontwikkeling op of nabij TataSteel te plaatsen, als grootste bron van CO_2 en CO. Dit sluit aan bij recent door TataSteel en Dow gepubliceerde plannen voor gebruik van koolmonoxide (CO) in het

NZKG als basis voor naftaproductie (een grondstof voor plastics). We adviseren om daarnaast wel te zorgen dat het aan te leggen CO_2-net in het gebied een uitvoermogelijkheid naar lege aardgasvelden onder de Noordzee krijgt aangezien niet zeker is of de innovatie commercieel succesvol zal zijn en of alle afgevangen CO_2 kan worden verwerkt.

- Wind op Land is voor de klimaatopgave van belang om zo snel mogelijk de fossiele CO_2-emissies te reduceren. De elektriciteitsvraag in de MRA is ruimschoots meer dan de hoeveelheid elektriciteit vanuit de productie met Wind op Land in het NZKG plus de huidig geplande aanlanding van Wind op Zee. In cijfers: de huidige productie met Wind op land in het NZKG plus de nu geplande aanlanding van Wind op Zee in het NZKG levert minder dan 60% van de verwachte elektriciteitsvraag van de MRA in 2040. We adviseren om de mogelijkheden voor Wind op Land in het NZKG te benutten via tijdelijke gronduitgiftes (bijvoorbeeld vijftien jaar) waarna de ruimte desgewenst voor andere prioriteiten kan worden aangewend, en tevens om te blijven zoeken naar optimale ruimtelijke inpassing. Voor de locaties en wijze van aanlanding van de landelijk voorgenomen groei van Wind op Zee raden we aan om een adaptief toekomstgericht plan te ontwikkelen dat zowel rekening houdt met ruimtelijke mogelijkheden als met toekomstige vraagontwikkeling.
- Grootschalige biobrandstofproductie, ter grootte van de brandstofvolumes die jaarlijks in het NZKG worden verhandeld, vergt een oppervlak zo groot als het totale NZKG . We raden daarom af om daar op in te zetten. Kleinschaliger productie van biobrandstoffen uit reststromen, zoals ook nu al gebeurt, past juist goed bij de verdere ontwikkeling van ‘circulair’. De geleidelijke bijmenging en grootschalige opslag van geïmporteerde biobased transportbrandstoffen in de huidige handel van vloeibare brandstoffen is een ontwikkeling die geen extra ruimte in het gebied vergt ten opzichte van de huidige ruimte voor deze sector, en die er voor kan zorgen dat de huidige internationale concurrentiepositie in het NZKG in stand blijft.

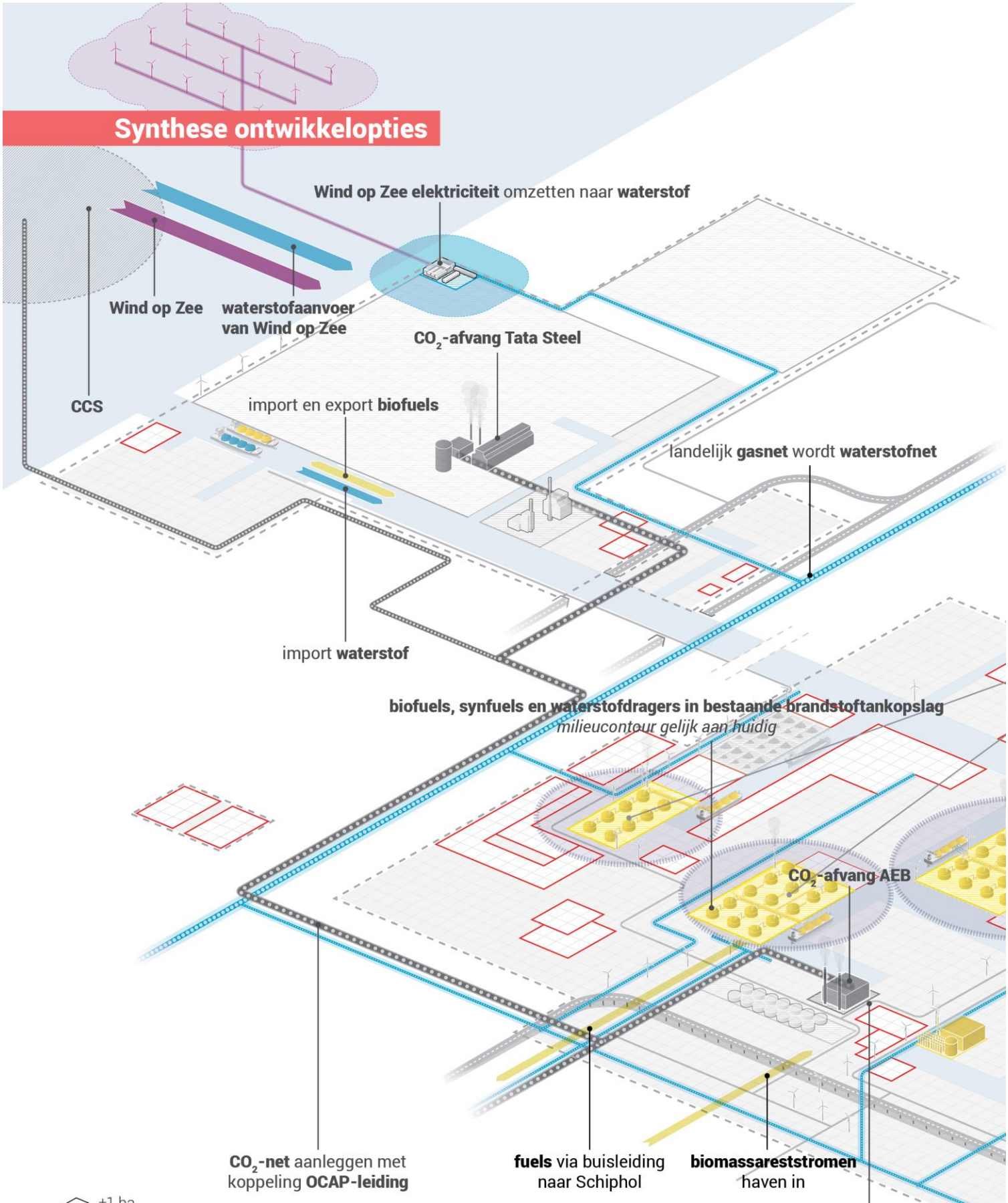
Op de volgende twee pagina’s staat de synthese grafisch weergegeven van de adviezen over de ontwikkelrichtingen en de basisstappen (in A3-formaat).

Belangrijke randvoorwaarden bij de ontwikkelstrategie

De vraag naar klimaatneutraal en circulair wordt gedreven door het nationaal en Europees klimaatbeleid, dat gericht is op halvering van de CO_2-emissies in 2030 en klimaatneutraal in 2050. Voor het tempo dat met de transities in het NZKG gemaakt kan worden is een krachtig en stabiel nationaal en Europees klimaatbeleid en innovatiebeleid nodig. Dat beleid wordt gevoerd in een mondiale context. Omdat veel van de industrieën in het NZKG voor de wereldmarkt produceren is voor de energietransitie van de bedrijven van belang dat die niet ten koste gaat van hun concurrentiepositie op de wereldmarkt. De focus in de beschreven stappen in de ontwikkelstrategie ligt op de gemeenschappelijke zaken in het NZKG. Dat is ook de vraagstelling in deze studie. Daarnaast werken de individuele bedrijven ieder voor zich aan energie-efficiency, hetgeen zowel een belangrijk ingrediënt is van de energietransitie als van kostenefficiënte productie.

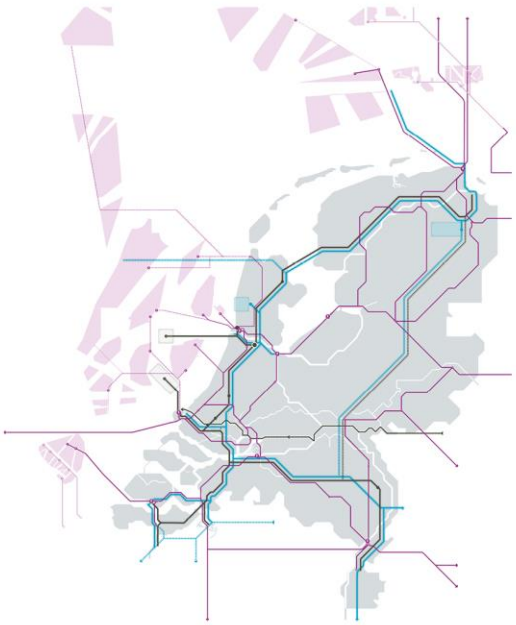
Rol NZKG

Omdat in relatief korte tijd veel veranderingen in productie, infrastructuren en processen bij de bedrijven nodig zijn, is intensieve samenwerking tussen bedrijven, netbeheerders en overheden van belang. Er zijn veel kip-ei-situaties die door een breed gedragen gezamenlijke aanpak tot succes kunnen leiden. Regievoering vanuit de overheden is onontbeerlijk om te komen tot optimale oplossingen met toegevoegde economische waarde voor het gebied. Aan de hand van een robuust en adaptief uitvoeringsprogramma kunnen acties m.b.t. de energietransitie integraal worden afgewogen, rollen en verantwoordelijkheden worden belegd en worden gemonitord. Zo kan de regio een herkenbaar integraal energietransitiebeleid voeren waardoor zij voor alle partners duidelijkheid geeft.

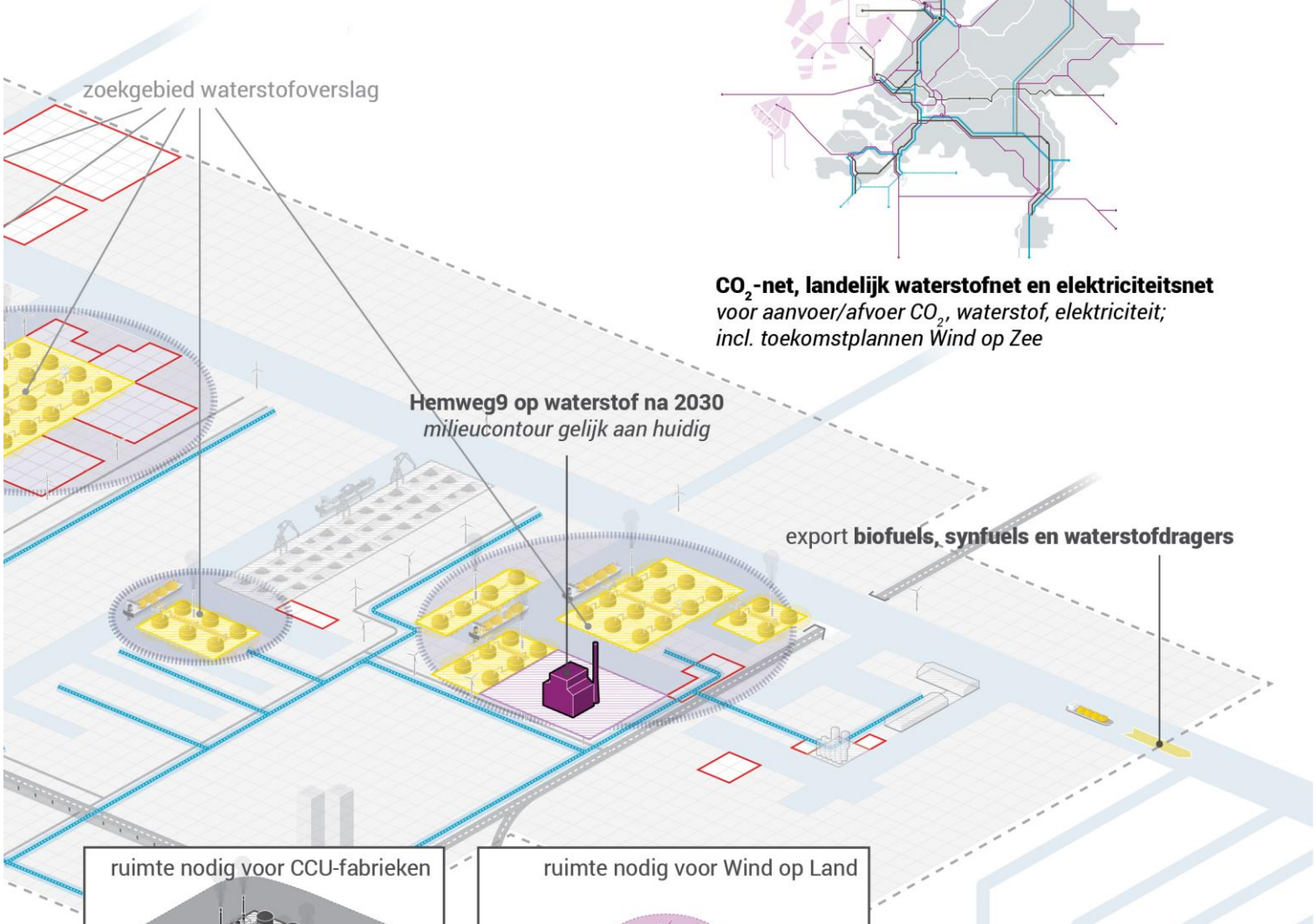

Synthese ontwikkelopties
Wind op Zee elektriciteit omzetten naar waterstof
Wind op Zee
waterstofaanvoer van Wind op Zee
CCS
CO2-afvang Tata Steel
import en export biofuels
landelijk gasnet wordt waterstofnet
import waterstof
biofuels, synfuels en waterstofdragers in bestaande brandstoftankopslag
milieucontour gelijk aan huidig
CO2-afvang AEB
CO2-net aanleggen met koppeling OCAP-leiding
fuels via buisleiding naar Schiphol
biomassareststromen haven in
±1 ha.
vrije kavels | ±375 ha (peildatum 31-12-2017)
overig (uitgegeven kavels) | ±4.300 ha.
gebiedscontouren NZKG - totaal | ±4.700* ha.
milieucontouren**
* inclusief 680 ha. Tata Steel
** Memo OD NZKG, september 2018
ruimte nodig voor circulaire economie
idealiter rond AEB ivm knooppunt energie en logistiek
kleinschalige biofuelproductie uit reststromen ±10 ha. / fabriek
kleinschalige biomassaver-gassers ±5 ha. / fabriek
groengasproductie ±1 ha. / fabriek

Basisstappen *(niet allemaal weergegeven op de kaart)*

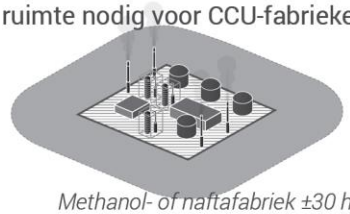
> Verzwaren elektriciteitsnet
> Gasnet omzetten naar waterstofnet
> Aanleg CO_2-net
> Warmtelevering aan MRA
> Ruimte voor circulair
> Ruimte voor aanleg / onderhoud Wind op Zee



CO_2-net, landelijk waterstofnet en elektriciteitsnet
voor aanvoer/afvoer CO_2, waterstof, elektriciteit; incl. toekomstplannen Wind op Zee

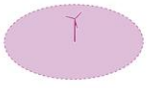


ruimte nodig voor CCU-fabrieken



Methanol- of naftafabriek ±30 ha.

ruimte nodig voor Wind op Land



Windturbine 600 meter tot woningen, of bijvoorbeeld een school of ziekenhuis. (PNH)

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Bestuursplatform Noordzeekanaalgebied (NZKG) heeft geconstateerd dat vele partijen die betrokken zijn bij het NZKG druk bezig zijn met de energietransitie, maar dat een overkoepelende integrale ontwikkelstrategie voor de energietransitie van het NZKG als geheel nog ontbreekt. Belangrijk daarbij is ook de conclusie van de Metropoolregio Amsterdam (MRA) dat het NZKG een belangrijke bijdrage kan vervullen in de energietransitie van de regio als geheel, inclusief in de daaraan parallel lopende transitie naar een circulaire economie. Deze constateringen hebben geleid tot een opdracht van het Projectbureau NZKG om een integrale ontwikkelstrategie voor de energie-transitie NZKG op te stellen. CE Delft heeft de afgelopen maanden, samen met Studio Marco Vermeulen en SEO Economisch Onderzoek en in gesprek met vele stakeholders, gewerkt aan die ontwikkelstrategie. Deze rapportage bevat de uitkomsten.

1.2 Doel en vraagstelling

De ambitie van het Bestuursplatform Noordzeekanaalgebied (NZKG) is dat het NZKG vanuit de energietransitie en circulaire economie een zo groot mogelijke bijdrage levert aan de internationale concurrentiepositie van de Metropoolregio Amsterdam. Deze ambitie is door het Bestuursplatform NZKG vastgelegd in de Visie NZKG 2040.

De vragen die in deze rapportage worden beantwoord zijn:
- Hoe kan het NZKG zelf klimaatneutraal worden wat betreft de energievoorziening?
- Welke economische kansen vloeien voor het NZKG voort uit de transitie naar klimaatneutraal en circulair?

De ontwikkelstrategie energietransitie NZKG zal onder andere worden gebruikt om de projecten te kunnen duiden zoals die voor het NZKG naar voren komen in het proces van het landelijk klimaatakkoord. Daarnaast levert de ontwikkelstrategie input voor de te ontwikkelen regionale energiestrategieën.

Vragen naar bijvoorbeeld optimale verdeling van ruimte in het gebied over de functies werken, wonen en recreatie zijn bestuurlijk relevant maar zijn buiten scope van deze studie.

1.3 Proces en opzet

Proces met veel interactie
In het proces is op veel momenten interactie geweest met stakeholders; in interviews, in een vijftal werkateliers met elk een eigen thema, en in regelmatig overleg met de begeleidende werkgroep.
De thema's van de werkateliers waren achtereenvolgens:
- industrie;
- goederentransport;
- impacts op energie-infrastructuur;
- ruimtelijke impacts;
- en tenslotte, een overkoepelend werkatelier.

Op het NZKG-congres van 1 oktober 2018 dat in het teken stond van de energietransitie zijn concept-resultaten gedeeld met de circa 150 aanwezigen.

Een overzicht van deelnemers aan de werkateliers en van de geïnterviewden is opgenomen in Bijlage A. In de begeleidende werkgroep hadden alle partijen zitting die op bestuurlijk niveau deel uitmaken van het Bestuursplatform NZKG.

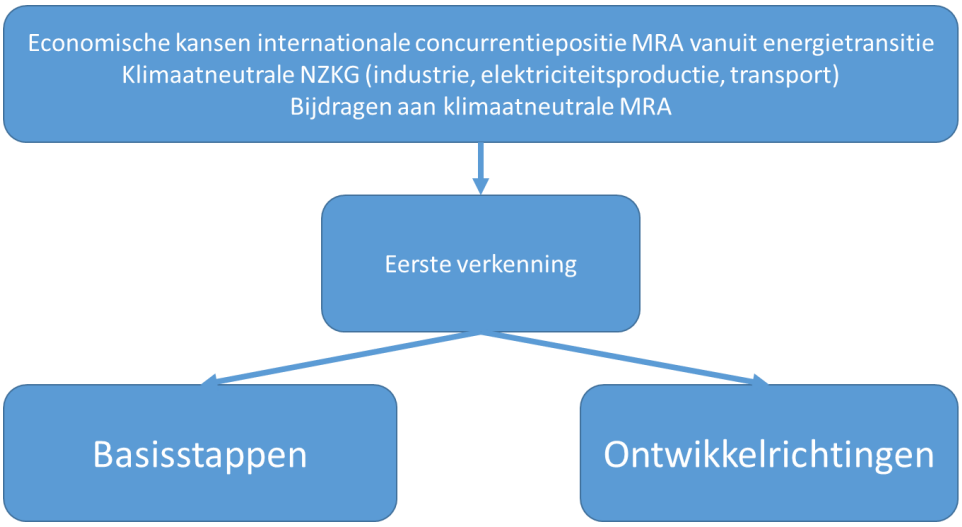
Opzet van het project

De inhoudelijke opzet van het project is weergegeven in Figuur 1. Eerst zijn acties verkend vanuit drie verschillende invalshoeken:

- Economische kansen vanuit de energietransitie voor de internationale concurrentiepositie van de MRA.
- De vraag hoe het NZKG zelf klimaatneutraal kan worden (industrie, elektriciteitsproductie, en transport).
- Welke bijdragen het NZKG kan leveren aan een klimaatneutrale MRA.

Die mogelijke acties zijn op basis van een eerste verkenning ingedeeld in zes basisstappen met het advies die in ieder geval uit te voeren, en een viertal mogelijke ontwikkelrichtingen.

Figuur 1 - Inhoudelijke opzet van het project



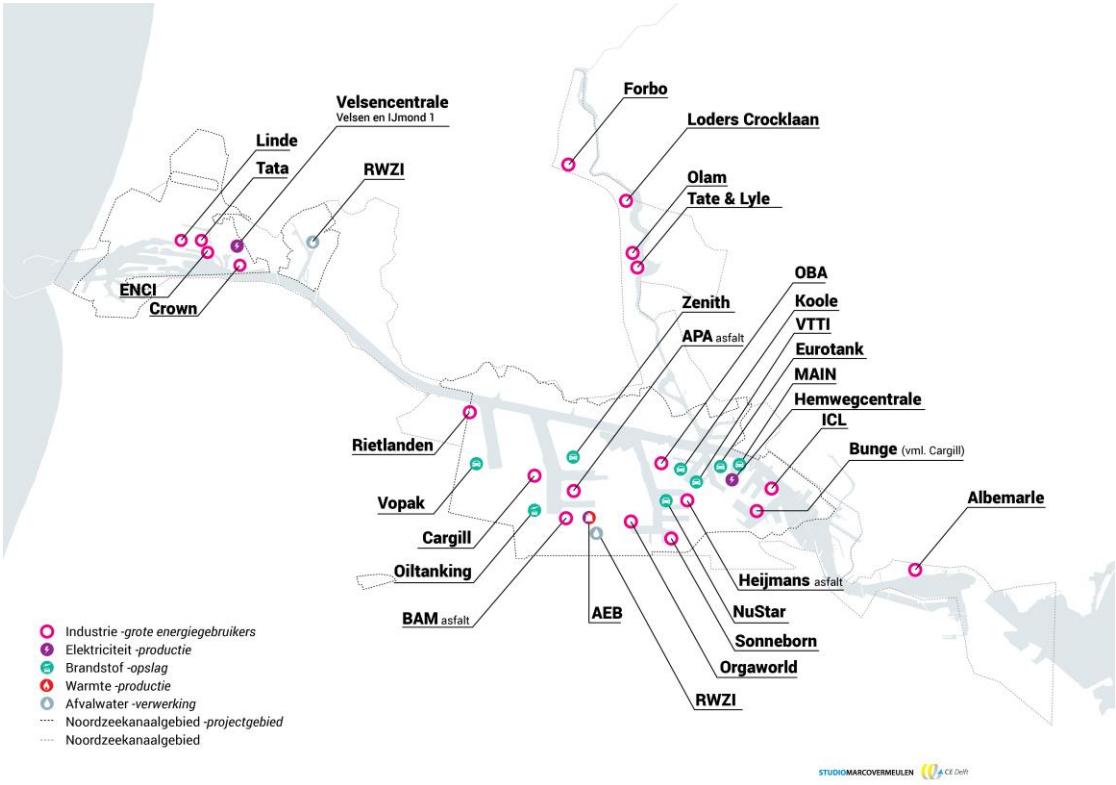
1.4 Afbakening

De geografische scope van het gebied is weergegeven in de kaart in Figuur 2. Wanneer in deze studie gesproken wordt over 'het Noordzeekanaalgebied' betreft het de industriegebieden rond het Noordzeekanaal, het IJ en de grote industrieën in de Zaanstreek.

Er wordt in de analyses van uit gegaan dat de mondiale energie- en grondstofvoorziening in 2050 (bijna) klimaatneutraal is, in lijn met de afspraken die op de klimaatconferentie in 2017 in Parijs zijn gemaakt. Het bereiken van dat doel is het resultaat van (inter)nationaal klimaatbeleid. Dat beleid zorgt er vervolgens voor dat er marktvraag is c.q. ontstaat naar klimaatneutraliteit en circulariteit. We gaan er in de analyses van uit dat dat beleid er is of komt, en analyseren de economische kansen die dat oplevert voor het NZKG.

Het staat buiten kijf dat individuele bedrijven werken aan het verhogen van hun energie-efficiency en dat dat belangrijk is voor de energietransitie. Overheden hebben daarbij een rol als bevoegd gezag. Dat individuele bedrijven werken aan energie-efficiency wordt in deze studie als gegeven beschouwd.

Figuur 2 - Geografische scope van het Noordzeekanaalgebied

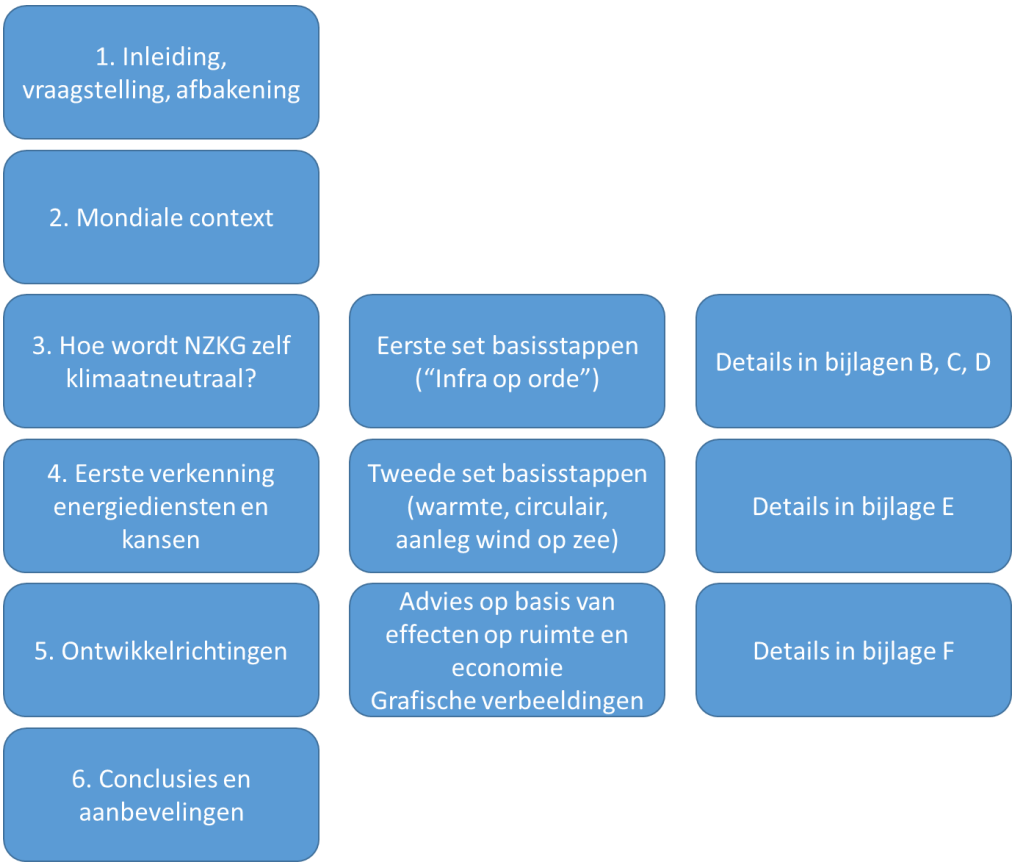


1.5 Leeswijzer

Belangrijke opmerking vooraf: het rapport bevat op een aantal plaatsen grote grafische weergaves op A3-formaat. Die zijn steeds op twee tegenoverliggende pagina's afgedrukt. Ze zijn op een computerscherm goed zichtbaar met een beeldinstelling met twee pagina's naast elkaar.

Het rapport volgt een logische opbouw, die ook staat uitgebeeld in Figuur 3. Omdat het NZKG geen eiland is bespreekt Hoofdstuk 2 eerst kort de bredere context van de mondiale transitie naar klimaat-neutraal en circulair, en de effecten daarvan voor het NZKG. Vervolgens beantwoordt Hoofdstuk 3 de vraag hoe het NZKG zelf klimaatneutraal kan worden en wat daarvoor nodig is. Dit leidt tot de eerste drie basisstappen, **'Infra op orde'**. Detailinformatie staat in Bijlagen B (industrie en elektriciteits-productie), C (transport) en D (waterstof). Hoofdstuk 4 toont een eerste verkenning van economische kansen en energiediensten. Die leidt tot de tweede set basisstappen voor de ontwikkelstrategie, met detailinformatie in Bijlage E. Uit die eerste verkenning van kansen en uit de vele gesprekken met de stakeholders zijn vier belangrijke ontwikkelrichtingen voor het gebied geselecteerd, die in Hoofdstuk 5 worden verkend, met detailinformatie in Bijlage F. Aan het eind van Hoofdstuk 5 staat ook een set uitgebreide grafische verbeeldingen van de ontwikkelrichtingen opgenomen, op A3-formaat.
De conclusies en aanbevelingen staan in Hoofdstuk 6.

Figuur 3 - Leeswijzer



Over PetaJoules (PJ) en GigaWatt (GW)

Energiehoeveelheden in dit rapport staan uitgedrukt in PetaJoules (PJ). Een Joule is de standaard-eenheid voor energie. Een PetaJoule is een miljard maal een miljoen Joule. Dat is een grote hoeveelheid energie, net zoveel als het jaarlijks gebruik aan elektriciteit én aardgas van 17.500 gemiddelde Nederlandse huishoudens.

In het rapport worden ook de termen MegaWatt (MW) en GigaWatt (GW) gebruikt. Een Watt is de standaard-eenheid voor vermogen. Een MegaWatt is een miljoen Watt. Een GigaWatt is 1.000 MegaWatt. Energie is vermogen maal tijd. Om te berekenen hoeveel energie een elektriciteitscentrale of een windturbine produceert per jaar moet je daarom niet alleen weten hoeveel vermogen de centrale of turbine maximaal kan leveren ('vollast'), maar ook hoeveel uur per jaar dat gebeurt. Een heel jaar duurt 8.760 uur. Het vermogen fluctueert in de tijd. Bij een elektriciteitscentrale is dat afhankelijk van de elektriciteitsvraag, bij een windturbine is dat afhankelijk van hoe hard het waait. Het is gebruikelijk om als maat het aantal "vollasturen" te gebruiken. Dat is het aantal uur per jaar dat de centrale of de turbine nodig zou hebben om op vol vermogen de werkelijk geproduceerde hoeveelheid elektriciteit per jaar te produceren. Voor een grote moderne windturbine ver op zee met een vermogen van 10 MegaWatt geldt als vuistregel een aantal vollasturen van 4.500 per jaar.

Een 10 MW windturbine met een productie van 4.500 vollasturen per jaar produceert jaarlijks 0,162 PJ aan elektrische energie.

2 NZKG in de energietransitie

2.1 De wereld in de energietransitie

Op weg naar 'Parijs'

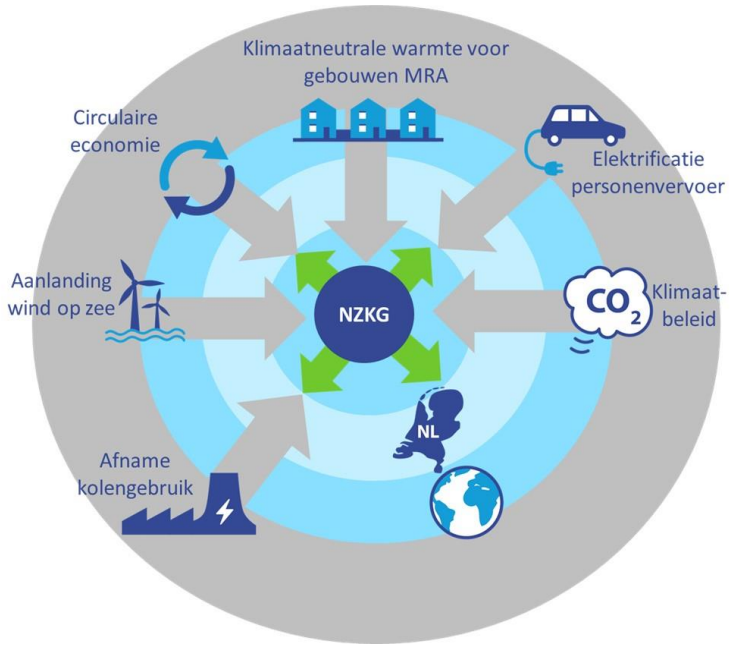
De doelstellingen van het Parijsakkoord uit 2017 vragen wereldwijd om een versnelling en verbreding van de energietransitie. Nieuwe technologieën moeten zorgen voor forse CO_2-emissiereductie, en efficiëntere systemen en het sluiten van kringlopen dienen voor verdere reductie te zorgen.
De energievraag die dan nog rest zal ingevuld worden met klimaatneutrale energie. Een opgave waar op alle niveaus invulling aan gegeven zal moeten worden om de afgesproken doelen te realiseren.

NZKG als onderdeel van het groter geheel

Het Noordzeekanaalgebied (NZKG) wil anticiperen op de energietransitie en toegevoegde waarde leveren aan de MRA. Het NZKG functioneert als onderdeel van een mondiale economie.
Veel bedrijven en functies in het gebied zijn onderdeel van grotere nationale en internationale netwerken en veel van de ontwikkelingen in het gebied worden dan ook van buitenaf bepaald, zoals bijvoorbeeld door de mondiale marktvraagontwikkeling naar vloeibare brandstoffen en naar staal.

In Figuur 4 staat een aantal krachten verbeeld die van buitenaf inwerken op het NZKG, zoals de afname van het steenkoolgebruik voor elektriciteitsproductie, de elektrificatie van het personen-vervoer en de aanlanding van elektriciteitsnetwerken van Wind op Zee. Deze worden op hun beurt aangestuurd door klimaatbeleid en beleid gericht op circulaire economie.

Figuur 4 - Krachtenvelden die inwerken op het NZKG vanuit energietransitie en circulaire economie



De vraag naar de producten van het NZKG verandert daardoor, net als de samenstelling en grootte van goederenstroomvolumes naar en vanaf het gebied. Er ontstaat ook vraag naar energiediensten, en er ontstaan nieuwe kansen. Ook als het NZKG zelf geen actie onderneemt zal de functie van het gebied als gevolg van deze krachten geleidelijk veranderen.

De **marktvraag** naar klimaatneutraal en circulair wordt gedreven door het nationaal en Europees klimaatbeleid, dat gericht is op halvering van de CO_2-emissies in 2030 en klimaatneutraal in 2050. Voor het tempo dat met de transities in het NZKG gemaakt kan worden is een krachtig en stabiel nationaal en Europees klimaatbeleid nodig. Dat beleid wordt gevoerd in een mondiale context. Omdat veel van de industrieën in het NZKG voor de wereldmarkt produceren is voor de energietransitie van de bedrijven van belang dat die niet ten koste gaat van hun concurrentiepositie op die wereldmarkt.

Er zijn al businesscases waarop voortgebouwd kan worden. Glastuinders betalen ruim 50 euro per ton CO_2 als die in de kas wordt afgeleverd, waardoor er een businesscase is voor de OCAP-CO_2-pijpleiding. In de bebouwde omgeving in de MRA zijn al businesscases voor levering van warmte, zoals blijkt uit de gerealiseerde warmtenetten in Amsterdam en Zaanstad (Saendelft). Door het succesvolle beleid voor opschaling en kostenreductie bij Wind op Zee zijn marktomstandigheden gecreëerd waardoor tenders voor aanleg van Wind op Zee inmiddels zonder directe subsidies kunnen worden gerealiseerd.

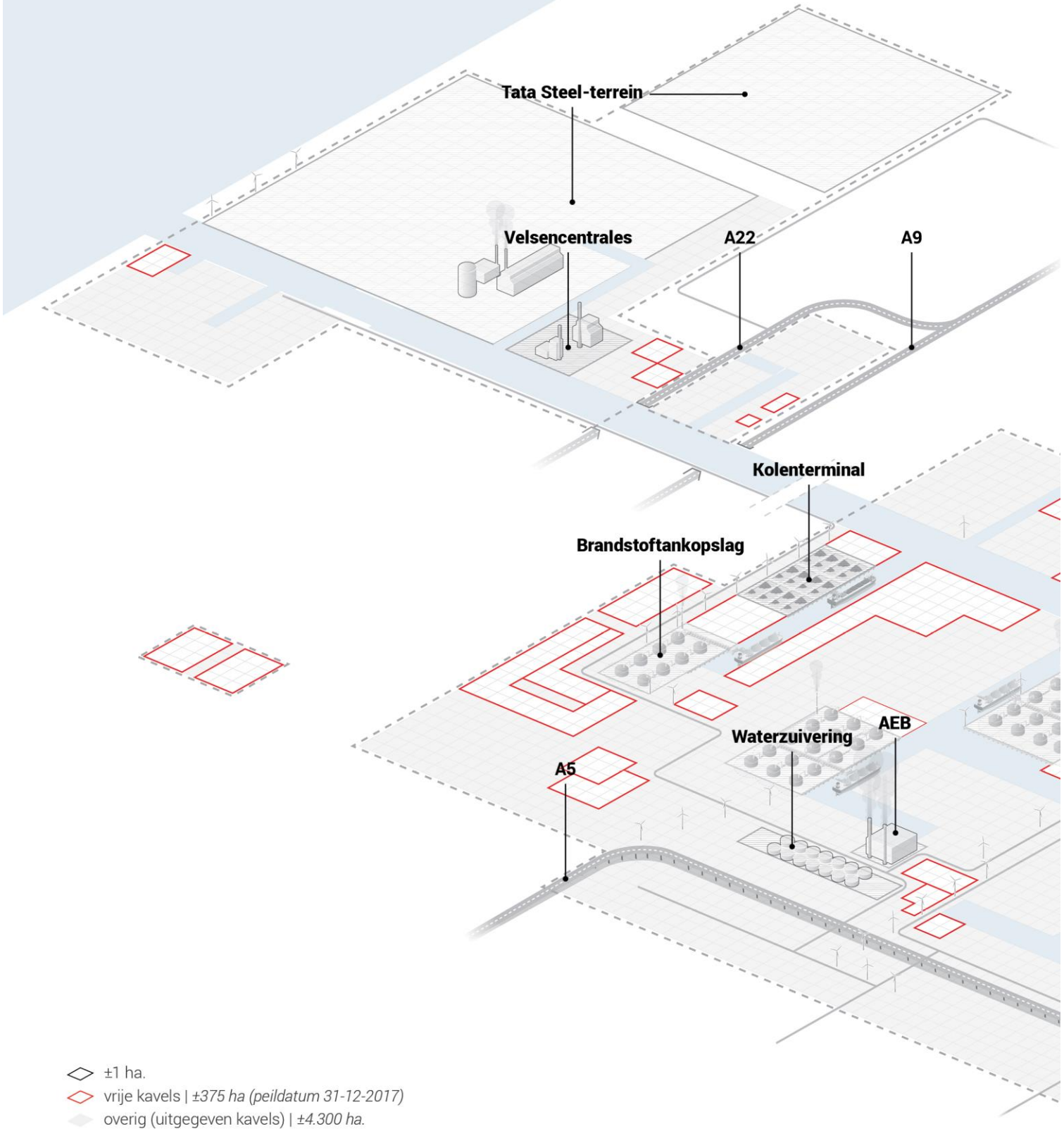
2.2 Ruimte in het NZKG

Het oppervlak van het NZKG is circa 4.020 ha, plus 680 ha terrein van Tata Steel. Het oppervlak aan vrije kavels bedraagt circa 375 ha (peildatum 31-12-2017), waarvan een deel versnipperd in kleine kavels. Het NZKG herbergt vele functies, vaak grootschalig van aard. Functies die de ruimte zoeken om zich verder te kunnen ontwikkelen. Er is onder andere druk op de ruimte vanuit andere sectoren, zoals vanwege de woningbouwopgave in de regio. Het gaat daarbij niet alleen om het fysieke ruimtebeslag, maar ook om de milieuruimte voor bijvoorbeeld veiligheid, geluid en geur.

Op de volgende twee bladzijden staat het NZKG en het huidig ruimtebeslag in het gebied grafisch verbeeld. De plaat wordt verderop in het rapport gebruikt als onderlegger om ruimtelijke effecten van de ontwikkelvisie op af te beelden.

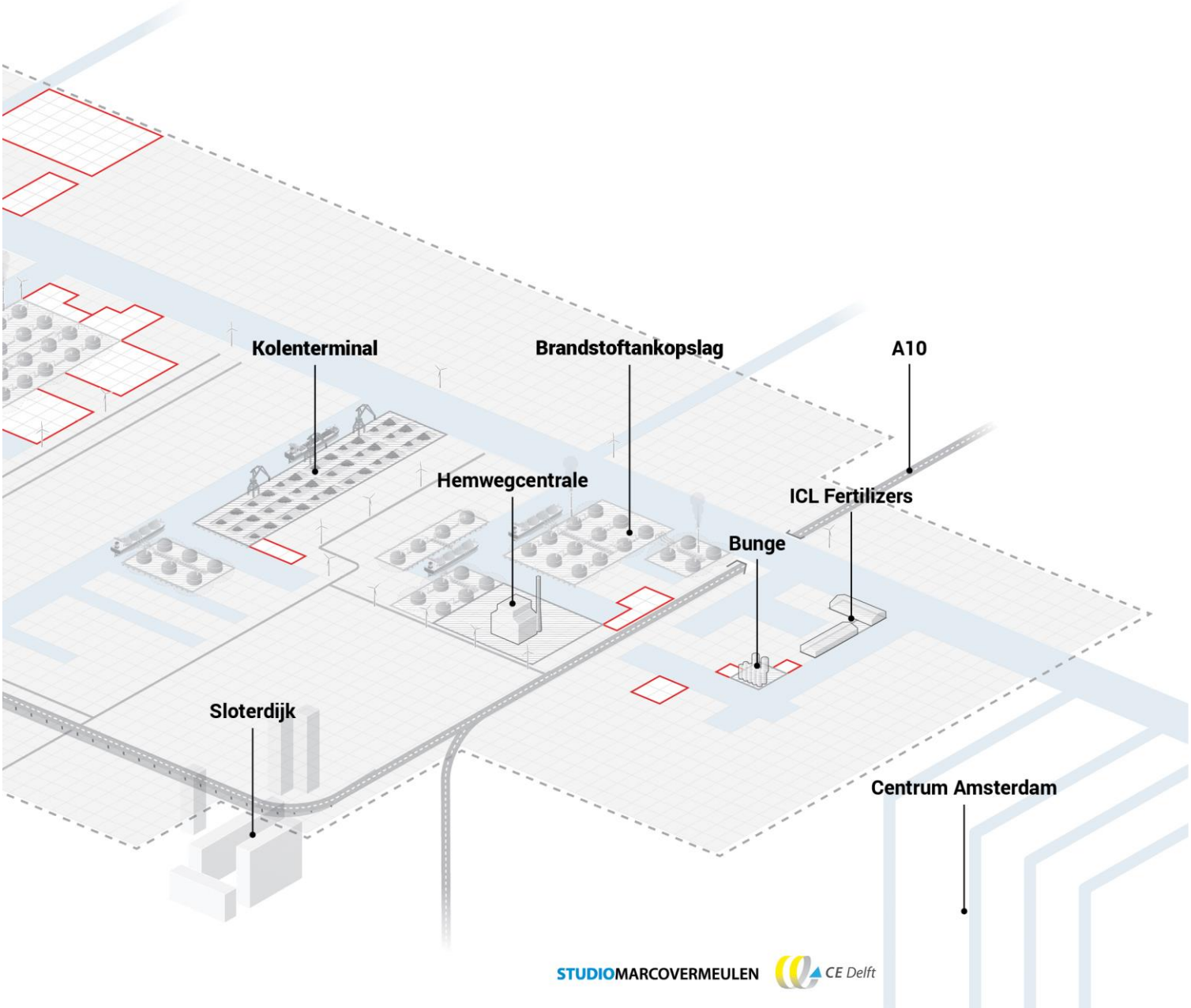
Belangrijk is verder dat de cijfers over huidig ruimtegebruik gebaseerd zijn op de Monitor Ruimte-Intensivering NZKG, met peildatum 31-12-2017. Het betreft de beschikbare ruimte die versnipperd in het gehele NZKG te vinden was. Gezien de economische hoogconjunctuur is daarvan al circa 100 ha ofwel uitgegeven ofwel er wordt met klanten over onderhandeld. De daadwerkelijk vrij beschikbare ruimte is daardoor minder dan lijkt op basis van de gehanteerde cijfers uit de Monitor Ruimte-Intensivering.

NZKG huidige situatie -*vrije kavels*



◇ ±1 ha.
◇ vrije kavels | *±375 ha (peildatum 31-12-2017)*
overig (uitgegeven kavels) | *±4.300 ha.*
gebiedscontouren NZKG - totaal | *±4.700* ha.*

** inclusief 680 ha. Tata Steel*



STUDIOMARCOVERMEULEN CE Delft

3 Naar een klimaatneutraal NZKG

3.1 Introductie

De wereld verandert, naar klimaatneutraal en circulair in 2050. Om economisch vitaal te blijven en aantrekkelijk als vestigingsplaats voor bedrijven, wil het NZKG zelf ook klimaatneutraal worden. Dit hoofdstuk gaat in op de vraag wat daarvoor de mogelijkheden zijn en wat daarvoor nodig is. De analyses zelf zijn opgenomen in bijlages.

3.2 CO_2-emissies in het Noordzeekanaalgebied

De totale omvang aan directe CO_2-emissies in het NZKG is circa 19 Mton per jaar. Dat is ruim 11% van de CO_2-emissies van Nederland als geheel (164 Mton in 2017 (CBS)).

'Klimaatneutraal NZKG qua energievoorziening' betekent: geen CO_2-emissies naar de atmosfeer meer vanuit het gebied die het gevolg zijn van het verbranden van fossiele brandstoffen in het gebied, zoals bijvoorbeeld steenkool en aardgas. De huidige CO_2-emissies in het gebied[1] staan weergegeven in Figuur 5. De indeling van die figuur is bewust zo gekozen vanwege de verschillende onderdelen van de ontwikkelstrategie.

Wat direct opvalt in de figuur zijn de grote aandelen in het huidig totaal van de elektriciteitscentrales (Complex Hemweg en Complex Velsen/IJmond; totaal 9,8 Mton/jr), Tata Steel (6,3 Mton/jr) en AfvalEnergiebedrijf Amsterdam[2] (AEB) (1,7 Mton/jr). Het betreft afgeronde cijfers, die van jaar tot jaar iets kunnen fluctueren. Het gaat voor de ontwikkelstrategie echter om de hoofdlijnen.

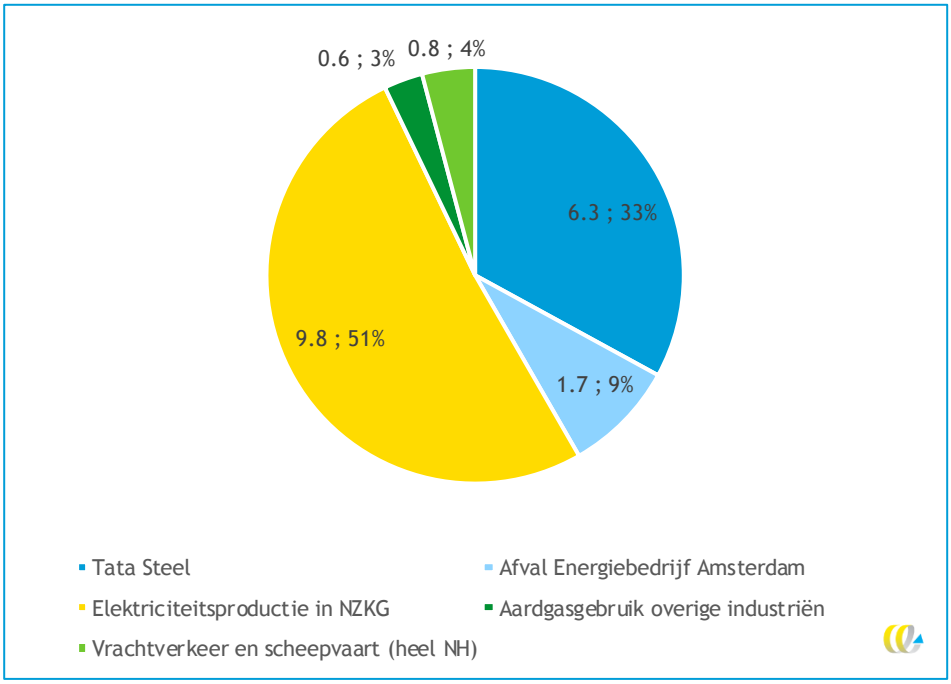
In de analyses wordt ingegaan op de grote onderdelen van Figuur 5. Eerst op de vraag hoe de elektriciteitsproductie in het gebied klimaatneutraal kan worden, vervolgens op het complexer vraagstuk wat de mogelijkheden zijn voor de industrie, en op het goederentransport. Tot slot staat in Paragraaf 3.6 wat dit betekent voor de gemeenschappelijke zaken in het NZKG, zoals de energie-infrastructuren, en wordt in een tijdpad getoond hoe het gebied dan in 2050 klimaatneutraal zal zijn qua energievoorziening.

---

1 De emissies van het vrachtverkeer in de figuur zijn voor de Provincie als geheel, en geven daarmee een bovengrens voor de emissies in het NZKG. De werkelijke emissies zijn minder. Voor het gevoel van verhoudingen tussen de verschillende onderdelen van de figuur is dat geen bezwaar.

2 Voor een goed begrip is nog relevant dat circa twee derde van de CO_2-emissie van AEB bestaat uit zogenoemde biogene CO_2, oftewel CO_2 dat vrijkomt bij het verbranden van biomassa in het afval. Dat is CO_2 dat onderdeel is van een relatief korte kringloop waarbij het CO_2 uit de atmosfeer is vastgelegd in biomassa en bij verbranding weer terug in de atmosfeer komt. Het tijdverloop van die kringloop is van geheel andere aard dan die van fossiele brandstoffen, waarvan de koolstof tientallen miljoenen jaren geleden is vastgelegd.

Figuur 5 - Huidige directe CO_2-emissies in het Noordzeekanaalgebied , in Mton CO_2 per jaar (totaal: 19,2 Mton/jr)



3.3 Klimaatneutrale elektriciteitscentrales NZKG

Het NZKG omvat momenteel vijf grote conventionele elektriciteitscentrales. Twee in het cluster aan de Hemweg in Amsterdam, en drie in het Velsen/IJmond-cluster, waarvan de IJmond1-centrale een warmtekracht-eenheid is die zowel elektriciteit als proceswarmte voor Tata Steel produceert.
De drie centrales in het Velsen/IJmond-cluster worden voor een belangrijk deel gestookt met zogenoemd hoogovengas (een restproduct van de staalproductie), aangevuld met aardgas. Daarnaast[3] is er nog een aardgasgestookte warmtekracht-eenheid bij papierfabrikant Crown-Van Gelder.

In mei 2018 heeft exploitant Nuon gemeld dat de steenkoolgestookte Hemweg 8-centrale per eind 2024 zal sluiten, als gevolg van het kabinetsbesluit om per 2025 steenkolen te verbieden als brandstof voor elektriciteitsproductie in Nederland. Dit is onderdeel van het klimaatbeleid van het Rijk.
Het Planbureau voor de Leefomgeving PBL gaat er in haar doorrekening van de klimaatmaatregelen van uit dat de elektriciteitsproductie van de te sluiten kolengestookte centrales zal worden overgenomen door aardgasgestookte centrales die ruwweg 50% minder CO_2 per eenheid elektriciteit produceren. Die redenatie volgen we hier ook, waarbij we er verder van uitgaan dat die gasgestookte centrales in het NZKG staan, en dat deze centrales later in de tijd, na 2030, overgaan op waterstof als brandstof. Nuon heeft dat ook aangekondigd voor de andere elektriciteitscentrale aan de Hemweg, de aardgasgestookte Hemweg 9-centrale.

We gaan er verder van uit dat ook de drie huidige elektriciteitscentrales in het Velsen/IJmond-cluster, uiteindelijk over zullen stappen op waterstof als klimaatneutrale brandstof. Een andere mogelijkheid is dat één of meer van deze drie eenheden op termijn zullen sluiten. Daarover zijn nog geen besluiten genomen.

[3] En ook AEB produceert elektriciteit, en warmte.

De essentie voor de ontwikkelstrategie naar een klimaatneutraal NZKG is dat centrales ófwel zullen sluiten (zoals reeds aangekondigd voor de kolengestookte Hemweg 8-centrale), ófwel zullen overschakelen op klimaatneutrale waterstof als brandstof. De CO_2-emissies van de elektriciteits-productie gaan daarmee uiteindelijk naar nul. Een ruwe inschatting van de uiteindelijke waterstof-vraag voor de elektriciteitscentrales in het NZKG levert een getal op van 13,4 PJ/jaar. De ontwikkeling zal onder andere afhangen van de ontwikkeling van de kostprijs van waterstof, en van het (klimaat) beleid dat door de overheid wordt gevoerd.

De benodigde waterstof is klimaatneutraal, en kan nog 'blauw' zijn (gemaakt uit aardgas met CCS) of 'groen' (gemaakt met hernieuwbare elektriciteit, door elektrolyse van water). De waterstof hoeft niet noodzakelijkerwijs in het NZKG zelf geproduceerd te worden. Een inmiddels breed gedragen veronderstelling is dat er in Nederland een landelijk transportnet voor waterstof zal komen, waarvoor huidige aardgastransportverbindingen zullen worden gebruikt. In Bijlage D staat een nadere beschouwing over waterstof in het NZKG.

3.4 Klimaatneutrale industrie in het NZKG

De energievraag van de industrie betreft de vraag naar hogetemperatuurwarmte oftewel stoom, naar lagetemperatuurwarmte, en naar elektriciteit. De focus is gelegd op de grote industrieën in het gebied en dan met name op de hogetemperatuurwarmtevraag. De grote industrieën zijn samen goed voor ruim 96% van het totale industriële energiegebruik (ECN, 2017a). Door te analyseren wat de technische mogelijkheden zijn voor de grote industrieën om klimaatneutraal te worden en daar de strategische ontwikkelacties voor het gebied op te baseren, ontstaat een beeld dat ook geldt voor de kleinere bedrijven. Voor beide geldt: men zal pas investeren als er een positieve businesscase of een noodzaak is.

In Bijlage B staan de uitgebreide analyses opgenomen. De belangrijkste analyseresultaten zijn:

- **Aanleg CO_2-net nodig:** Tata Steel en AEB hebben vooralsnog geen andere mogelijkheid om klimaatneutraal te worden dan door de CO_2 af te vangen en ofwel ondergronds op te slaan, ofwel te hergebruiken. Als dat hergebruik zorgt voor permanente vastlegging van de CO_2 dan past dat in de klimaatneutrale toekomst. Om dit mogelijk te maken is een CO_2-net in het gebied nodig. Omdat er bestaande marktvraag is vanuit de glastuinbouw naar schone CO_2 ligt het voor de hand om dat CO_2-net te verbinden met de bestaande OCAP-leiding, die vanuit Rotterdam langs de glastuin-bouwgebieden tot aan het NZKG loopt. Daarnaast is het van belang om te zorgen voor een afvoermogelijkheid naar lege aardgasvelden onder de Noordzee. De totale omvang van deze CO_2-afvang is 8 Mton/jaar, zie Figuur 5.
- **Elektriciteitsnet in het gebied verzwaren**: uitgezonderd katalysatorfabrikant Albemarle kunnen alle industrieën in het gebied hun hoogtemperatuurprocessen in principe klimaatneutraal maken door te elektrificeren. Áls dat gebeurt, dan is de huidige capaciteit van de elektriciteitsnetwerken in het gebied ontoereikend. In Bijlage B.3 is uitgewerkt welke hoogspanningsstations dat betreft[4]. Daarnaast is er nog sprake van geleidelijk toenemende elektrificatie van personenvervoer en van goederentransport, en van een toename van verwarming van gebouwen met elektrische warmtepompen. Met andere woorden: om de energietransitie mogelijk te maken moet het elektriciteitsnetwerk in het gebied worden verzwaard. Waar precies, hoeveel precies en wanneer precies, hangt af van de investeringsbeslissingen van de bedrijven, die ook weer afhangen van de alternatieven die ze hebben, zoals bijvoorbeeld overstappen van aardgas naar waterstof. Ook smart grids passen hier bij.
- **Aardgasnet geleidelijk omzetten naar waterstofnet**: Een alternatief voor elektrificatie is om over te stappen op waterstof in plaats van aardgas. Daar ligt een kip-ei-probleem omdat het

[4] Om precies te zijn: het gaat om 5 hoogspanningsstations die in dat geval capaciteitstekort hebben, waarvan twee een beperkt tekort. Zie Figuur 14. Uitbreiding vergt 2 tot 3 ha fysieke ruimte.

aardgasnetwerk pas zal worden omgezet naar waterstof als er vraag is, en er pas vraag komt als duidelijk is dat er aanbod is, tegen een aantrekkelijke prijs en met voldoende leveringszekerheid. Het waterstof is op termijn ook nodig voor de elektriciteitsproductie (zie Paragraaf 3.3 en kan gebruikt worden als brandstof voor transport, met name voor lang en zwaar transport. Ook indien CO_2 wordt benut als grondstof voor de chemie zijn daarvoor grote hoeveelheden waterstof nodig. Waterstof kan ook dienen als 'piekbrandstof' voor hybride warmtepompen in bedrijven.
De meeste afnemers hebben een gegarandeerde levering nodig, zodat een aansluiting op een landelijk waterstoftransportnet van belang is.

Deze drie infrastructuurontwikkelingen zijn randvoorwaardelijk om het mogelijk te maken dat de industrie in het NZKG-klimaatneutraal kan worden, en daarmee economisch vitaal kan blijven in een wereld die gaan vragen om klimaatneutraliteit. We noemen deze drie stappen tezamen: **'infra op orde'.**

Belangrijk is dat veel van de aardgas gebruikende grote industrieën in het NZKG begin 2018 een brief van minister Wiebes hebben ontvangen met de mededeling dat ze moeten gaan stoppen met het gebruiken van laagcalorisch 'Groningen-gas'. Deze bedrijven zijn op zoek naar alternatieven en zijn daardoor een belangrijke doelgroep voor de energietransitie.

3.5 Klimaatneutraal transport in het NZKG

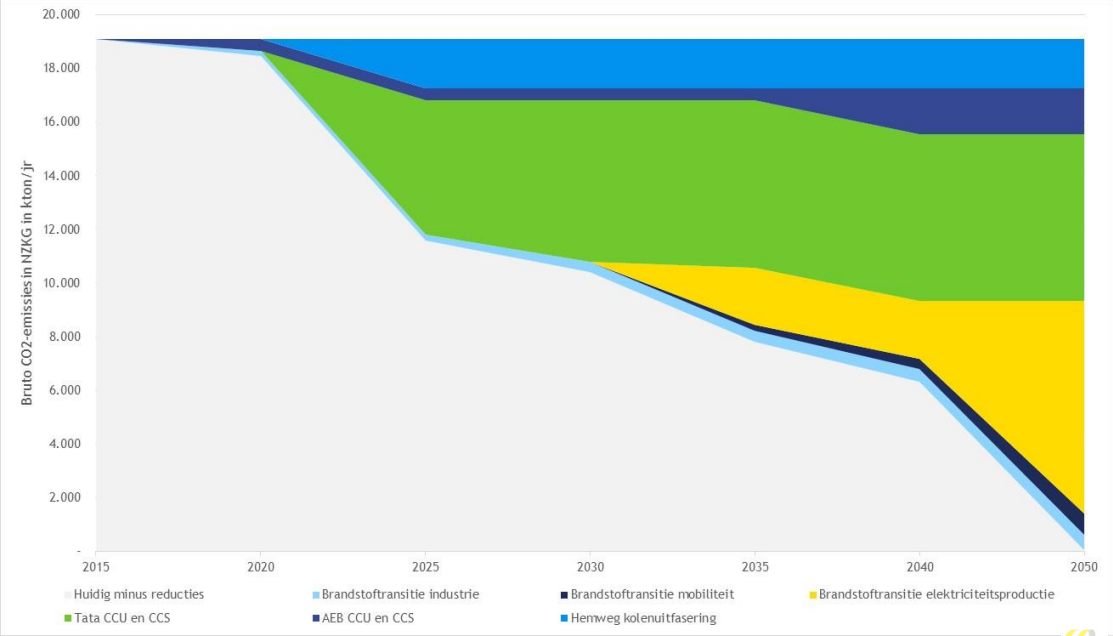
Het vraagstuk van klimaatneutraal goederentransport wordt gekenmerkt door onzekerheden, zoals ook bleek in het werkatelier dat in het project daarover gehouden is. Net als bij de industrie geldt: investeringen worden pas gedaan als er een positieve businesscase is. Een deel van de klimaatopgave kan worden bereikt met efficiencymaatregelen in de voer- en vaartuigen en met logistieke maatregelen. Voor het andere deel zullen de bedrijven moeten overstappen op een andere, klimaatneutrale, brandstof, waaronder ook elektrisch. Die aanpak kan niet alleen in het NZKG worden georganiseerd aangezien de voertuigen en de schepen ook buiten het gebied komen, en daar ook moeten kunnen tanken c.q. laden.
Voor wat betreft het lange afstand transport over de weg en over de binnenvaarwegen kan een 'corridoraanpak' worden georganiseerd samen met andere overheden langs een bepaalde route over de weg of over het water. Daarmee kan georganiseerd worden dat langs de route klimaatneutrale brandstoffen kunnen worden getankt of gebufferd, en kan in het geval van havens ook met differentiatie van havengelden worden gestuurd, zoals bijvoorbeeld Havenbedrijf Amsterdam momenteel al doet.
Voor de zeevaart ligt het speelveld anders, en is ook de klimaatambitie anders. De zeevaart heeft als doel om in 2050 50% minder CO_2-emissies te hebben, daar waar andere sectoren op klimaatneutraal in 2050 inzetten. Een ander verschil met de industrie is dat partijen met een transportbehoefte over het algemeen transport inkopen, en niet zelf de vervoermiddelen bezitten. Een overeenkomst met de industrie zijn de lange levensduren, waardoor er maar weinig natuurlijke vervangingsmomenten zijn tussen nu en 2050. Een scheepsmotor gaat bijvoorbeeld zo'n 30 jaar mee.
Technische mogelijkheden om klimaatneutraal te worden zijn er wel. Dat kan met klimaatneutrale vloeibare brandstoffen die de fossiele brandstof vervangen, met elektrisch transport, of met bijvoorbeeld waterstof als brandstof. Naar verwachting zullen al deze technische mogelijkheden ook in de praktijk gebruikt gaan worden, of worden voor een deel al gebruikt (zoals bijmenging van biobrandstof).

Voor het NZKG is de constatering dat klimaatneutraal transport het zal moeten hebben van klimaatneutrale brandstoffen en van elektrische aandrijving, en dat nog uiterst onzeker is welke technische richtingen als winnaar uit de bus zullen komen en wanneer. De ontwikkeling van elektrisch transport kan meeliften op de verzwaring van de elektriciteitsinfrastructuur in het gebied, hetzelfde geldt voor de overgang naar waterstof.

3.6 Conclusies klimaatneutraliteit NZKG

In Figuur 6 staan alle in dit hoofdstuk beschreven ontwikkelingen van de CO_2-emissies in het gebied getoond in één figuur, leidend naar klimaatneutraliteit in 2050. Het betreft het sluiten van de kolengestookte Hemweg 8-centrale per 2025, het afvangen van CO_2 en vervolgens toepassen van CCU en CCS bij AEB en Tata Steel (totale emissiereductie 8 Mton CO_2/jaar), het overstappen op waterstof (of sluiten) van de andere elektriciteitscentrales in het gebied, en het overstappen van de andere industrieën en het goederentransport in het NZKG op een klimaatneutrale brandstof.

Figuur 6 - Bruto[5] CO_2-emissies in het NZKG in de tijd, naar klimaatneutraliteit in 2050



De conclusies uit dit hoofdstuk luiden dat, om als NKZG klimaatneutraal te kunnen worden:

- De elektriciteitsinfrastructuur in het gebied moet worden verzwaard ten behoeve van de groeiende vraag naar elektriciteit (elektrificatie in de industrie, elektrisch vervoer, elektrische warmtepompen).
- De aardgasinfrastructuur geleidelijk moet worden omgebouwd naar een waterstofinfrastructuur, inclusief een aansluiting op een landelijk waterstoftransportnetwerk.
- Er een CO_2-net in het NZKG nodig is, ten behoeve van de afgevangen CO_2 van AEB en van TataSteel. Dat kan door het bestaande CO_2-net van OCAP uit te breiden naar AfvalEnergieBedrijf Amsterdam (AEB) en naar Tata Steel, en met een afvoermogelijkheid vanuit het NZKG naar ondergrondse opslag in lege aardgasvelden onder de Noordzee.

We noemen deze drie basisstappen verder steeds**: 'Infra op orde'**. Als randvoorwaarde voor een NZKG dat economisch vitaal en aantrekkelijk blijft in een mondiale economie die naar klimaatneutraal toe beweegt.

---

[5] Met bruto emissies worden de emissies in het gebied zelf bedoeld. Warmtelevering vanuit het NSKG aan de bebouwing in de MRA leidt bijvoorbeeld wel tot emissiereductie bij die gebouwen, maar niet in het NZKG zelf; oftewel geen bruto reductie in het gebied zelf, wel een netto reductie op het groter geheel. Iets soortgelijks geldt voor inzet van CO_2 bij glastuinders: wel een bruto reductie in het NZKG, en een besparing bij de tuinders, maar uiteindelijk komt de afgevangen CO_2 toch in de atmosfeer. Om de zaak niet te complex te maken is in de figuur de bruto emissie getoond.

Omdat in relatief korte tijd veel veranderingen in productie, infrastructuren en processen bij de bedrijven nodig zijn, is intensieve samenwerking tussen bedrijven en overheden van belang.
Er zijn veel kip-ei-situaties die door een breed gedragen gezamenlijke aanpak tot succes kunnen leiden. Regievoering vanuit de overheden is onontbeerlijk om te komen tot optimale oplossingen met toegevoegde economische waarde voor het gebied.

We bevelen aan om op de bovengenoemde basisstappen met vele belanghebbende partijen een proces te starten dat leidt tot investeringen door de geëigende partijen (netbeheerders, industrie, met bijdragen van de overheden) dat snel begint en zich ontwikkelt tot 2050.

Uit de werkateliers en ook uit het NZKG-congres in oktober 2018 kwam het beeld naar voren dat de regionale overheden dat proces kunnen initiëren, om samen met de partijen te komen tot concrete uitvoeringsprogramma's, leidend tot de benodigde investeringen. Een voorbeeld is de ontwikkeling van de waterstofinfrastructuur in het gebied, door early movers te detecteren (industrie die van het laagcalorische gas af moet (brief van Minister Wiebes van januari 2018), en in de mobiliteitsector) en samen met netbeheerders Gasunie en Liander aangesloten wordt op een waterstofbron buiten en/of binnen het gebied.

Onderdeel van die uitvoeringsprogramma's kunnen ook demo's en pilots zijn voor innovaties. Daarbij kan ook de brandstofvraag van het goederentransport betrokken worden.

4 Eerste verkenning economische kansen en diensten vanuit transitie

4.1 Introductie

Vanuit de analyses is een aantal met de transitie samenhangende economische kansen voor het NZKG geïdentificeerd, en een aantal diensten vanuit het NZKG voor de transitie van de MRA naar klimaat-neutraal en circulair. Deze zijn gescoord op economische parameters waaronder op de vraag of er sprake is van een businesscase op de korte termijn, op hun impacts op ruimtebeslag in het NZKG, en op CO_2-emissiereductie. De resultaten zijn samengevat in Tabel 1. Toelichtingen en details zijn opgenomen in Bijlage E.

Op basis van deze verkenningen zijn drie aanvullende basisstappen gedefinieerd, als aanvulling op de drie basisstappen van **'Infra op orde'** uit het hoofdstuk 'NZKG-klimaatneutraal'. Daarnaast zijn op basis van deze verkenningen vier mogelijke ontwikkelrichtingen gedefinieerd voor het NZKG die aansluiten bij actuele discussies in de regio over de ontwikkeling van het gebied en waarover behoefte is aan keuzes. Die ontwikkelrichtingen staan beschreven in Hoofdstuk 5.

4.2 Scores op de economische criteria

Het huidige economische belang van het NZKG voor de MRA-regio is aanzienlijk. Het NZKG is met circa 5% van het grondgebied van de MRA verantwoordelijk voor 11% de banen (Visie NZKG 2040).
De aanwezige handel en diensten, maakindustrie en Tata Steel vertegenwoordigen een aanzienlijke toegevoegde waarde. De economische waarde van het NZKG betreft dus niet alleen het gebied zelf, maar is van essentieel belang voor de grotere regio, MRA.

Als economische criteria om de impact op de regionale economie te scoren zijn geselecteerd:

Korte termijnvraag	Er moet al een duidelijke vraag zijn naar de energiedienst en investeringen moeten op korte termijn zicht geven op sluitende businesscase.
Lange termijnvraag	Door de unieke ligging, gevestigde bedrijven, arbeidsmarkt biedt het NZKG vestigingsplaatsvoordeel ten opzichte van andere (haven) gebieden. Hierdoor is er ook zich op lange termijnvraag.
Toegevoegde waarde per m^2	Dit criterium geeft de economische productiviteit per m^2 van het gebied weer. Brandstoffen doorvoeren zonder bewerking scoort bijvoorbeeld ongunstig op dit criterium, de brandstof bewerken en verwaarden is gunstig.
Bijdrage aan energietransitie MRA	Hierbij gaat het om de vraag of de energiedienst ook een bijdrage kan leveren aan de energietransitie in een grotere omgeving, met name de MRA: is de dienst randvoorwaardelijk voor de energie-transitie van een groter gebied (buiten NZKG).

De scores zijn kwalitatief bepaald. Als legenda is daarbij gehanteerd:

++	sterk positief
+	positief
n.a.	neutraal
-	negatief

4.3 Resultaat van de analyses

In Tabel 1 staan de scores op de economische parameters, ruimte en CO_2.

Tabel 1 - Effecten van de mogelijke economische kansen en energiediensten in eerste verkenning. Het ruimtebeslag is bij veel mogelijkheden afhankelijk van de schaalgrootte. In Hoofdstuk 5 staan vier richtingen nader uitgewerkt.

Energiediensten en kansen	Korte termijn-vraag	Lange termijn-vraag	Toegevoegde waarde per m²	Bijdrage energie-transitie MRA	Impact ruimte NZKG	CO_2-reductie (per jr)
Uitbreiding circulaire economie (recyclinghub)	+/++	++	+	++	Van nu 80 ha naar grofweg verdubbeling, mits inpasbaar	Indirect, in de ketens
Warmte voor MRA	+	++	+	++	Beperkt (5 ha in geval van geothermie)	1-2 Mton
Offshore windparken, aanleg en onderhoud	+/++	++	+	n.a.	50 ha	0
CO_2-hergebruik	+/n.a.	+/++	+	++	Afhankelijk [6], zie uitwerking in Hoofdstuk 5)	8 Mton (Tata en AEB
Brandstofopslag (klimaatneutraal) voor o.a. Schiphol	n.a.	+	+	++	0 (in bestaande tanks)	Afhankelijk van omvang, potentieel groot
Biobased (chemie), biofabriek	n.a.	+	++	+	10 ha/fabriek	1,7 Mton per fabriek
Elektriciteitsflexproductie (met waterstof)	n.a.	++	+	+	0 (bestaande centrale(s))	8 Mton (Hemweg 9, Velsen-cluster)
Vergroening binnenvaart	n.a.	+	+	++	Bunkerschip	270 kton (indien volledig groen)
Lokale hernieuwbare elektriciteitsproductie	+	+	+	+	Afhankelijk van ruimtelijke inpassing	4 kton (voor 3 MW windturbine)
Waterstofchemie/ Synthetische brandstof	n.a.	+/++	n.a./+	+/++	10 ha/fabriek	Afhankelijk van omvang, potentieel groot
Brandstofproductie (klimaatneutraal) voor export	n.a.	+	+	+	10 ha/fabriek (veel fabrieken nodig)	Afhankelijk van omvang, potentieel groot
Biomassa transport en opslag	n.a.	+	+	+	Groot (maar kan in plaats van bestaande kolenopslag)	0 (afhankelijk van inzet elders)
Elektrometaalproductie	n.a.	+/++	+	n.a.	groot	Verdringt ruw staal productie

[6] Er is nu al marktvraag naar CO_2 vanuit de glastuinbouw. Die vorm van CO_2-hergebruik kost geen extra ruimte in het NZKG (naast de CO_2-leiding die al in de basisstappen zit). Hergebruik als grondstof voor de chemische industrie is een innovatie-spoor voor de langere termijn.

De kansen met de meest aanzienlijke bijdrage aan de MRA-economie zijn de uitbreiding van de circulaire economie in het NZKG (het recyclingscluster), de warmtelevering aan de bebouwde omgeving van de MRA, en de aanleg en onderhoud van Windparken op Zee. Het CO_2-hergebruik als grondstof voor de chemie (met permanente vastlegging van de CO_2) is een innovatiespoor voor de verdere toekomst.

Circulaire economie

Het recyclingcluster heeft een hoge toegevoegde waarde voor de Metropoolregio vanwege allerlei nieuwe economische activiteiten om reststromen die op grote schaal vrijkomen in de Metropoolregio als grondstof in te zetten voor nieuwe productieprocessen, voor biobased transportbrandstoffen, of als groene warmte voor woningbouw en bedrijven. Dit kan tot een hoge toegevoegde waarde per m^2 leiden. Het knooppunt van transport (weg, water) en energie-infrastructuur is een belangrijke vestigingsconditie hiervoor. Die condities zijn aanwezig in het NZKG, bijvoorbeeld in de omgeving van het huidige AEB, met de kanttekening dat de beschikbare ruimte daar beperkt is. Het ruimtebeslag voor 'circulair' in het NZKG is nu circa 80 ha. De inschatting is dat grofweg een verdubbeling nodig zal zijn (80-100 ha extra).
Ook hier geldt dat op korte en lange termijn de vraag naar deze diensten al sterk kan groeien (denk aan huidige inzet van afvalenergiecentrales om bijvoorbeeld CO_2 af te vangen voor gebruik in de glastuinbouw[7]).

Warmte voor de MRA

Warmtetransport sec is een energiedienst met een beperkte toegevoegde waarde (feitelijk alleen doorvoer). De koppeling met warmteproductie (geothermie en bio-thermie) levert echter wel extra toegevoegde waarde voor de energiedienst zelf. Tevens is voldoende duurzame warmte cruciaal voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving van de MRA-regio. Dit vereist een grote productie-bijdrage aan duurzame warmte (tot 700 MWth) ten behoeve van de MRA-warmtenetten.

Aanleg/onderhoud Windparken op Zee
Offshore wind (aanleg en onderhoud) kan gezien worden als een snelgroeiende en economisch belangrijk sector. Windenergie betekent werkgelegenheid, van ontwikkeling van een windpark en de bouw van de turbine tot onderhoudsactiviteiten[8]. Prognoses lopen op tot 11.000 banen in 2020 voor geheel Nederland. Het NZKG is uitstekend gelegen als uitvalsbasis naar de verschillende bestaande nieuw geplande windparken op zee. De vaartijd van IJmuiden naar de verschillende windparken voor de Nederlandse kust is dankzij de ligging midden aan de kustlijn een belangrijk onderscheidend kenmerk. Waar de windindustrie exact gevestigd zal worden is op dit moment nog onduidelijk, zowel Rotterdam en Den Helder zijn concurrerende vestigingsalternatieven. Op basis van deze inschattingen verwachten wij dat de korte en lange termijn vraag naar aanleg en onderhoud offshore wind-activiteiten aanzienlijk kan zijn.

CO_2-hergebruik
CO_2-hergebruik heeft niet alleen duidelijke maatschappelijke baten voor de transitie van de emitterende bedrijven zelf (AEB, Tata), er is ook al op korte termijn een duidelijke vraag naar (nagenoeg) zuivere CO_2 vanuit de glastuinbouw (ter bevordering van gewasgroei), bijv. bij Aalsmeer en andere tuinbouwgebieden. Dit betekent overigens nog niet dat de businesscase direct sluitend is voor het afvangen van CO_2 bij bronnen in het NZK-gebied. Verder hoort daarbij de kanttekening dat het grootste deel van die CO_2 uiteindelijk vanuit de kassen alsnog in de atmosfeer komt. Als het fossiele

---

7 HVC te Alkmaar start al met een proef om bio-CO_2 af te vangen voor glastuinbouw. Ook AEB heeft plannen in die richting.

8 Nederlandse bedrijven zijn actief zijn in het buitenland, van baggeren en installatie tot onderzoek en onderhoud.

CO_2 betreft is het daarmee wel een duidelijke verbetering van de huidige situatie, maar niet een oplossing voor de langere termijn die gericht is op klimaatneutraal. Dat is wel het geval indien de CO_2 permanent kan worden vastgelegd, bijvoorbeeld als grondstof voor plastics. Dit is een innovatiespoor waar concrete plannen voor zijn, bijvoorbeeld vanuit TataSteel en Dow. De aansluiting van het aan te leggen CO_2-net in het NZKG op de bestaande OCAP-leiding langs de glastuinbouwgebieden is al onderdeel van de basisstappen in **'Infra op orde'**.

4.4 Conclusies

Op de korte termijn zijn de meest veelbelovende kansen voor het NZKG om een bijdrage te leveren aan de economie van de MRA:

- **Warmtelevering aan de bebouwde omgeving van de MRA**, met restwarmte en indien geologisch mogelijk ook met geothermie. Warmtelevering is belangrijk voor de stedelijke gebieden in de MRA om de huidige warmtevraag van gebouwen (en kassen) klimaatneutraal te maken.
- **Circulaire economie.** De Metropoolregio produceert veel reststoffen. De gemeenten van het NZKG zetten in op een circulaire economie. De circulaire economie, in combinatie met de grootschaligheid van de MRA, biedt economische ontwikkelkansen voor het NZKG. Die activiteiten vergen ruimte in een industrieel gebied. Een deel van de reststromen wordt vooralsnog verbrand, waarmee elektriciteit en warmte wordt geproduceerd. Biogene reststromen kunnen ook worden omgezet in vloeibare brandstoffen of in biogas of syngas. Idealiter worden de circulaire activiteiten gepositioneerd nabij knooppunten van energie- en logistieke infrastructuren.
- **Aanleg en onderhoud van windparken op zee**. De sterke groei van 'Wind op Zee' zorgt voor een groeiende marktvraag naar aanleg en, later, naar onderhoud. Aanleg omvat niet alleen haven-activiteiten, maar ook opslag, assemblage, en productie van onderdelen. Het NZKG is door haar ligging ten opzichte van die windparken een aantrekkelijke locatie voor die industrieën.

We voegen deze drie korte termijn economische kansen toe aan de set basisstappen. De andere beschreven mogelijkheden leveren nog geen kans op de korte termijn en/of zijn onderwerp van discussie. De belangrijkste daarvan zijn geselecteerd en nader geanalyseerd bij de ontwikkelrichtingen in Hoofdstuk 5

5 Ontwikkelrichtingen NZKG

5.1 Introductie

Vanuit de eerste verkenning van economische kansen en energiediensten aan de MRA zijn vier ontwikkelrichtingen voor de energietransitie NZKG gedefinieerd en beoordeeld op hun economische impacts en op ruimtelijke inpasbaarheid in het NZKG. Ze sluiten aan bij actuele discussies over de mogelijke ontwikkeling van het gebied. Er is bij stakeholders behoefte aan duidelijkheid over deze mogelijkheden. De richtingen, of onderdelen daarvan, sluiten elkaar niet uit maar kunnen in principe worden gecombineerd. Het beslag op fysieke- en milieuruimte kan daarbij wel een limiterende factor vormen.

Om de ruimtelijke inpasbaarheid en economische impact te kunnen beoordelen zijn de ontwikkelrichtingen concreet gemaakt zodat er gerekend kan worden aan ruimtebeslag, werkgelegenheid en investeringen. Soms zijn ze voorzien van een variant om recht te doen aan de verschillende mogelijkheden.

De ontwikkelrichtingen en hun ruimtelijke effecten zijn grafisch verbeeld aan het eind van dit hoofdstuk, in een set platen op A3-formaat, inclusief een syntheseplaat.

5.2 Ontwikkelrichtingen kwalitatief verkend

De vier ontwikkelrichtingen die voor nadere analyses zijn geselecteerd worden nu eerst kwalitatief beschreven, met hun voor- en nadelen. De vertaling naar cijfers over ruimtebeslag en economie staat in Paragraaf 5.3.

5.2.1 NZKG: nationale/internationale waterstofhub

Omschrijving
Het NZKG heeft vanouds een positie als energiehub. De vraag die bij ‘energiehub waterstof’ centraal staat is: kan het NZKG een rol spelen als waterstofhub? Bij het aanlandingspunt van Wind op Zee is een kans om elektriciteit meteen om te zetten in waterstof en vervolgens verder te transporteren. Voor windparken ver op de Noordzee kan het aantrekkelijk zijn om de energie in de vorm van waterstof naar land te transporteren. In de toekomst is het goed voorstelbaar dat waterstof per tanker uit zonniger streken van de wereld wordt aangevoerd. Dat past bij de al bestaande overslag en opslag van vloeibare brandstoffen in het NZKG, en biedt een kans om de geprognosticeerde (Ecorys, 2018) daling van de vraag naar vloeibare brandstoffen op te vangen. Ook de opslag van ‘waterstofdragers[9]’ past daarbij. De opbouw van de waterstofeconomie vergt een uitvoeringsprogramma op landelijke schaal over productie, transport en opslag van waterstof, met gelijktijdige ontwikkeling van de vraag.

[9] Waterstof kan in pure vorm worden opgeslagen, maar ook in de vorm van ‘waterstofdragers’, waarmee we moleculen bedoelen zoals bijvoorbeeld ammoniak of mierenzuur.

Voordelen
Indien productie in NZKG bij aanlandingspunt Wind op Zee:
- grootschalige innovatieve nieuwe business;
- Werkgelegenheid.

Indien import per tanker:
- past goed bij huidige business van vloeibare brandstoffen;
- innovatieve nieuwe business.

Nadelen
Indien productie in NZKG bij aanlandingspunt Wind op Zee:
- groene waterstof vergt hernieuwbare elektriciteit;
- groene waterstof uit Wind op Zee heeft nu nog hoge kostprijs, import wordt mogelijk goedkoper;
- Indien lokaal waterstofnet: Wind op Zee produceert niet full time, grote opslag nodig.

Indien import per tanker:
- concurrentie van andere mogelijke aanlandingsplaatsen.

5.2.2 NZKG: CO_2 als grondstof voor chemie

Omschrijving
Op hoofdlijn luidt de kritiek op Carbon Capture and Storage (CCS): CO_2-afvangen en onder de grond stoppen in lege aardgasvelden kost geld, levert niets op, en leidt tot een 'lock in' op het gebruik van fossiele brandstoffen. De vraag wordt gesteld of het niet slimmer kan, door de CO_2 te gebruiken als grondstof voor de chemische industrie (CCU). CO_2 als chemische grondstof is een **innovatiespoor.** Technisch kan het nu al, op kleine schaal. Als fossiel CO_2 (of CO) wordt gebruikt als grondstof voor plastics past het – onder voorwaarden[10]- in een klimaatneutrale toekomst. Bij het chemische proces is ook een volcontinue aanvoer van waterstof nodig.

Voordelen
- innovatieve nieuwe business in NZKG door CCU (en evt. door productie groene waterstof);
- Werkgelegenheid.

Nadelen
- nafta en methanol als grondstof passen in principe in het klimaatneutrale eindbeeld;
- ruimte nodig voor chemische fabrieken en eventueel waterstofproductie;
- indien lokale groene waterstof, dan ook opslag nodig want wind is er maar deel van de tijd;
- nog onzeker of de grondstof op prijs kan concurreren met alternatieven.

5.2.3 NZKG als duurzame elektriciteitsleverancier voor de MRA

Omschrijving
De economie vraagt steeds meer elektriciteit. Niet alleen voor de bestaande toepassingen en groei daarvan, maar ook voor bijvoorbeeld elektrificatie van de industrie, voor elektrisch rijden, en voor elektrische warmtepompen in de gebouwde omgeving. In de energietransitie wordt al die elektriciteit uiteindelijk klimaatneutraal geproduceerd. En dat vergt ruimte. Ruimte is in het NZKG in principe voorhanden. In het NZKG staat al 75 MW aan Wind op Land opgesteld, zijn er plannen voor nog eens 125 MW, en is er sprake van geplande aanlanding van 2,1 GW aan Wind op Zee in de IJmond. Verder kunnen daken en gronden worden benut voor zonne-elektriciteitsproductie. En het voornemen is om na 2030 de gascentrale Hemweg 9 om te bouwen naar waterstof in plaats van aardgas.

[10] De essentie is dat de van oorsprong fossiele koolstof niet alsnog verderop in de keten weer als broeikasgas in de atmosfeer terecht komt.

Voordelen
- grootschalige opties, dat zet zoden aan de dijk voor energietransitie MRA;
- elektriciteit uit wind en zon is bestaande techniek;
- naast productie met wind en zon is ook vraagvolgende productie nodig in het systeem, zoals met Hemweg 9-waterstofcentrale.

Nadelen
- ruimtebeslag Wind op Land (kan eventueel tijdelijk).

5.2.4 NZKG:productie en opslag van biobased brandstoffen

Omschrijving
Het NZKG is de grootste benzinehaven ter wereld, met grootschalige importen en exporten.
Een geleidelijke overstap naar import, menging, opslag en export van biobrandstoffen in plaats van fossiele vloeibare brandstoffen past bij de route naar klimaatneutraal, en de wereldmarkten zullen daar ook meer en meer om gaan vragen. Die transitie roept de vraag op of het NZKG niet óók kan dienen als grootschalige *productie*faciliteit van biobrandstoffen.

Voordelen
Indien grootschalige productie in het NZKG:
- grootschalige innovatieve nieuwe business;
- sluit aan bij bestaande internationale brandstofhandel (NZKG is grootste benzinehaven ter wereld);
- Werkgelegenheid.

Indien alleen grootschalige import, opslag en handel plus kleinschalige productie uit reststromen:
- ontwikkeling past ruimtelijk in bestaande brandstoffensector NZKG;
- sluit aan bij verdere ontwikkeling circulaire economie (relatief kleinschalige productie biofuels uit reststromen).

Nadelen
Indien grootschalige productie in het NZKG:
- NZKG geen traditie in grootschalige brandstofproductie, en geen groot industrieel chemisch cluster;
- zeer groot ruimtebeslag voor biomassa-opslag en –behandeling;
- zeer groot ruimtebeslag voor biomassavergassers en biobrandstoffabrieken.

Indien alleen grootschalige import, opslag en handel plus kleinschalige productie uit reststromen;
- geen grootschalige extra business vanuit biobrandstofproductie.

5.3 Kwantitatieve verkenning van de ontwikkelrichtingen

Om de ontwikkelrichtingen te voorzien van cijfers over ruimtebeslag, investeringen en werkgelegenheid moeten er eerst aannames worden gedaan over de grootte van de richtingen. Over hoeveel afgevangen CO_2 gaat het, over hoeveel biobased transportbrandstof, hoeveel waterstof?
Die aannames en die berekeningen is het onderwerp van deze paragraaf. Nadere toelichtingen en details zijn opgenomen in Bijlage F.

Bij elke richting is ook steeds een beoordeling opgenomen. In die beoordelingen is steeds geduid wat er wel en wat niet mogelijk is, en wat consequenties zijn van keuzes.

Een belangrijke kanttekening vooraf is dat de cijfers naar beste eer en geweten zijn bepaald, maar dat er forse onzekerheidsmarges op zitten. Het gaat immers in de meeste gevallen om ontwikkelrichtingen die nog nergens op de wereld op die schaal zijn gerealiseerd.

Ter illustratie daarvan: het huidig opgesteld vermogen aan elektrolysers voor waterstofproductie *in de gehele wereld* is circa 60 MW. Voor het Nederlandse Klimaatakkoordproces is vanuit het NZKG een voorstel voor een proefproject ingediend voor een elektrolyser van 100 MW. In discussies over de toekomstige productie van groene waterstof vanuit Wind op Zee in Nederland wordt gesproken over GigaWatten aan elektrolyservermogen.

5.3.1 NZKG: nationale/internationale waterstofhub

Aannames over omvang

Als basis voor de berekeningen is aangenomen dat jaarlijks een hoeveelheid waterstof nodig is in het NZKG ter grootte van het huidig energiegebruik door de industrie in het gebied aan aardgas, plus het toekomstig waterstofgebruik voor elektriciteitsproductie. Voor dat laatste is aangenomen dat zowel de Hemweg 9 en de Velsen 25 centrale in bedrijf zijn, met een bedrijfstijd van circa 1.800 'vollastuur' per jaar. Die bedrijfstijd past bij een toekomstige situatie met grote hoeveelheden Wind op Zee (CE Delft, 2017).
Het resultaat is een waterstofvraag in het gebied van 33 PJ/jaar, waarvan 13,4 PJ voor de beide elektriciteitscentrales, en 19,5 PJ voor de industrie[11]. In de basisstappen is al uitgegaan van een koppeling van het NZKG aan een landelijk waterstoftransportnetwerk; daarbij hoort ook de mogelijkheid van aanlanding van waterstofleidingen vanuit verre windparken op zee. De vraagstelling in deze paragraaf is wat de effecten zijn als die hoeveelheid waterstof in het gebied zelf wordt geproduceerd met elektrolysers op het aanlandingspunt van elektriciteit uit Wind op Zee of, als variant, wordt geïmporteerd per tanker.

Bij productie vanuit Wind op Zee moet worden bedacht dat de bedrijfstijd van Wind op Zee circa 4.500 'volllastuur' per jaar is en dus zeker niet volcontinu zoals de industriële vraag. Verder zullen de elektriciteitscentrales juist draaien als er geen elektriciteitsproductie vanuit zee is. Kortom: productie en vraag lopen in tijd uit elkaar. We gaan er van uit dat dat wordt opgelost via het toekomstig landelijk transportnet, bijvoorbeeld met tijdelijke opslag in zoutcavernes waarnaar nu veel studie wordt gedaan[12], en/of met productie van 'blauwe' waterstof (zie Bijlage D).
Bij importen per tanker is relevant in welke vorm de waterstof wordt vervoerd, als cryogene vloeibare waterstof, als ammoniak, als mierenzuur, of nog anders, elk met eigen commerciële logistieke voor- en nadelen. Er zijn verschillende mogelijkheden voor de toekomst.

Fysiek ruimtebeslag

Indien geproduceerd in het gebied zelf (bij aanlandingspunt Wind op Zee):

- Dan vergen de waterstoffabrieken (elektrolysers) een fysiek oppervlak van 6 ha.

Indien geïmporteerd per tanker:

- Dan past de import in het bestaande ruimtebeslag van de brandstofhandel in het NZKG[13], zodat nu nog geen ruimtelijke keuzes nodig zijn.

Investeringen en werkgelegenheid

Indien geproduceerd in het gebied zelf:

- De waterstoffabrieken vergen een eenmalige investering van circa 1,3 miljard euro.

---

[11] Het aardgasgebruik van de industrie is excl. Tata Steel en excl. AEB, en is huidig gebruik. Dat huidig gebruik zal gaan veranderen door onder andere elektrificatie, door efficiencyverbetering en door groei en is dus een eerste orde indicatie.

[12] Een tijdelijke opslag in zgn. 'line packs' is een andere technische mogelijkheid die gangbaar is in de huidige industrie. Dit vergt bij dergelijke hoeveelheden en een aangenomen overbruggingstijd van twee weken een fysiek oppervlak van 60 ha. Opslag in line packs wordt voor kleine schaal demonstratieprojecten beschouwd als goede oplossing, echter niet voor de grootschaligheid in de toekomst waarvan sprake is in de ontwikkelrichting.

[13] De genoemde 33 PJ/jr aan waterstofvraag is slecht enkele procenten van het huidig handelsvolume aan vloeibare brandstoffen in het NZKG.

- Over de omvang aan permanente werkgelegenheid is nog geen bruikbare informatie bekend voor deze schaalgroottes.

Indien geïmporteerd per tanker:

- dan zijn geen grootschalige investeringen nodig in nieuwe terminal en eventueel tijdelijke opslag (past in en bij de bestaande brandstofhandel in NZKG).
- Over omvang aan werkgelegenheid is nog geen bruikbare informatie bekend.

Beoordeling van deze ontwikkelrichting

Waterstofproductie vanuit Wind op Zee past bij de toekomstige rol van waterstof in de energie- en grondstofvoorziening. Het ruimtebeslag van de elektrolysers is beperkt. Commerciële grootschalige toepassing van 'groene waterstof' wordt pas voorzien rond 2030, kleinschaliger demoprojecten kunnen in het gebied worden gefaciliteerd. Belangrijk is om in ieder geval te zorgen voor aansluiting op een landelijk waterstoftransport net van waaruit de volcontinue levering kan worden gegarandeerd die nodig is voor de toekomstige industriële afnemers. De landelijke uitrol van de waterstofeconomie vergt een landelijk uitvoeringsprogramma, dat productie, transport, opslag en vraag omvat. Import van waterstof via tankers past goed bij de bestaande brandstofhandel in het NZKG. Dit speelt naar verwachting pas na 2030. Het kan dan (een deel van) de na 2030 verwachte terugloop in volumes opvangen (Ecorys, 2018). Beide ontwikkelingen kunnen naast elkaar bestaan.
Bij de beoordeling hoort de kanttekening dat waterstof als brandstof nog niet op prijs kan concurreren met aardgas. De investeringen die nu gedaan worden zijn innovatie gedreven en als anticipatie op de toekomst. De innovaties zijn ook nodig om de schaalgroottes van commercieel verkrijgbare elektrolysers te vergroten zodat uiteindelijk grotere hoeveelheden waterstof kunnen worden geproduceerd en tegen lagere kosten. Welke waterstofketens uiteindelijk dominant zullen worden in de markt is nu, aan de vooravond van de ontwikkelingen, nog niet te zeggen.

5.3.2 NZKG: CO_2 als grondstof voor chemie

Aannames over omvang

Het achterliggend idee is dat CO_2 niet ondergronds moet worden opgeslagen. We gaan daarom uit van de volle omvang van de af te vangen CO_2 in het gebied: 8 Mton/jaar.
Er is gerekend aan investeringen en ruimtebeslag voor fabrieken die de afgevangen CO_2 omzetten in methanol, dat een veelgebruikte chemische grondstof is. Voor naftaproductie, een grondstof voor plastics, gelden soortgelijke cijfers. Productie van synthetische kerosine is een ander alternatief, dat echter een aanzienlijk langere productieketen heeft (Fischer-Tropsch-proces) en daardoor een tien maal zo groot ruimtebeslag als methanolproductie uit CO_2. Bij synthetische kerosine hoort de kanttekening dat de eerder afgevangen CO_2 uiteindelijk in de atmosfeer komt bij de vliegtuigmotor.

De processen vergen ook een volcontinue aanvoer van grote hoeveelheden waterstof, circa 130 PJ/jr. Zie verder de analyse bij ontwikkelrichting 'waterstofhub'[14].

Fysiek ruimtebeslag

- Het fysieke ruimtebeslag van de methanolfabrieken is circa 30 ha.

Investeringen en werkgelegenheid

- De methanolfabrieken vergen een eenmalige investering van circa 1,7 miljard euro.
- De omvang aan permanente werkgelegenheid bedraagt circa 600 arbeidsplaatsen.

[14] NB: de benodigde hoeveelheid waterstof per jaar van deze ontwikkelrichting is 4 maal zo groot als de hoeveelheid die is gehanteerd bij de ontwikkelrichting 'waterstofhub'. De hoeveelheid ruimte voor de waterstoffabrieken is ook 4 maal zo groot. Met ook hier, net als bij ontwikkelrichting 'waterstofhub' de kanttekening dat de aan Wind op Zee gekoppelde electrolysers geen volcontinue productie hebben en de waterstofvraag wel volcontinu is, zodat koppeling met een landelijk waterstofnet of een andere vorm van gegarandeerde levering belangrijk is.

Beoordeling van deze ontwikkelrichting
CO_2 inzetten als grondstof voor de chemische industrie is een innovatiespoor en commerciële kans die in principe goed past bij een klimaatneutrale energie- en grondstoffenvoorziening, mits de CO_2 permanent wordt vastgelegd en niet verderop in de keten alsnog in de atmosfeer komt.
Demonstratieprojecten kunnen worden gefaciliteerd in het NZKG. Grootschalige toepassing op termijn vergt een relatief bescheiden hoeveelheid ruimte. Daarnaast is essentieel dat er een grootschalige volcontinue aanvoer van waterstof beschikbaar is. Of de commerciële ontwikkeling van 'CO_2 als grondstof' uiteindelijk een succes is valt nu nog niet te zeggen. Daarom is het voor de klimaatneutraliteit van het NZKG van belang dat in ieder geval wordt gezorgd voor een afvoermogelijkheid van de afgevangen CO_2 naar lege aardgasvelden onder de Noordzee.

5.3.3 NZKG als duurzame elektriciteitsleverancier voor de MRA

Aannames over omvang
De huidige elektriciteitsvraag van de MRA bedraagt 46 PJ/jr en zal naar verwachting stijgen naar 59 PJ/jr in 2040 (Marco. Broekman, Posad en ECN, 2017), waarvan 7,5 PJ/jr voor mobiliteit en transport. Daarin is ook een beperkte groei van de industriële vraag naar elektriciteit voorzien, echter nog niet een grootschalige omschakeling van het gehele grondstoffen- en energiesysteem naar klimaatneutraal én circulair inclusief benutting van economische kansen die daarmee samenhangen voor het NZKG.
De geplande aanlanding van 2,1 GW Wind op Zee in het NZKG levert een productie *op jaarbasis* ter grootte van 58% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag in 2040 van de MRA. Een productie die overigens niet alleen aan het NZKG of de MRA toegerekend kan worden.
Het huidig opgestelde vermogen aan Wind op Land in het NZKG bedraagt 75 MW en er bestaan plannen voor 125 MW extra. Opgeteld betekent dat 200 MW aan Wind op Land, dat een productie op jaarbasis levert van 1,3% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag in 2040 van de MRA.
Daarnaast is er een geleidelijke toename van zonnepanelen op daken in het NZKG. Verder heeft Nuon het plan om de huidige aardgasgestookte Hemweg 9-centrale na 2030 om te bouwen naar klimaatneutraal waterstof als brandstof. Dat is relevant in de systeembalans omdat wind en zon niet vraagvolgend zijn, en de centrale wel.

Fysiek ruimtebeslag
In de geplande aanlanding van de 2,1 GW Wind op Zee wordt reeds voorzien. De milieucontour van de bestaande Hemweg 9-centrale wijzigt niet bij overstap van het huidige aardgas naar waterstof als brandstof. De inpassing van extra Wind op Land vergt uiteraard ruimte. Het fysieke ruimtebeslag is beperkt, het gaat vooral om het contouren om de windturbines heen. Een precies getal is daarom niet te geven, want is afhankelijk van de precieze locatie en opstelling en voert te ver voor dit rapport.

Investeringen en werkgelegenheid
Investeringscijfers hangen af van de omvang aan MW
Het werkgelegenheidseffect is beperkt

Beoordeling van deze ontwikkelrichting
De MRA heeft een groeiende behoefte aan hernieuwbare elektriciteit, net als de rest van de economie. Voor de klimaatopgave is het van belang dat de CO_2-emissies zo snel mogelijk worden gereduceerd. Wind op Land is daarvoor één van de mogelijke bronnen. De ruimte kan tijdelijk worden uitgegeven, bijvoorbeeld voor 15 jaar, waarna de ruimte desgewenst voor een andere prioriteit kan worden ingezet. Qua locatie raden we aan te blijven zoeken naar optimale inpassing met de minste impact op andere functies.
Voor de locaties en wijze van aanlanding van de landelijk voorgenomen groei van Wind op Zee raden we aan om een adaptief toekomstgericht plan te ontwikkelen dat zowel rekening houdt met ruimtelijke mogelijkheden als met toekomstige vraagontwikkeling.

5.3.4 NZKG: productie en opslag van biobased brandstoffen

Aannames over omvang
Het achterliggend idee bij deze richting is gebaseerd op de grootschalige brandstoffenhandel in het NZKG. We gaan daarom uit van de volumes aan transport van 'liquid bulk' in het NZKG. Dat is nu 47 Mton per jaar aan import en export via de zeevaart[15]. De verwachting (Ecorys, 2018) is dat dat volume daalt naar 26-44 Mton/jr in 2050 door veranderingen op de wereldbrandstofmarkten. In het cijfer zit een vorm van dubbeling omdat de brandstof wordt geïmporteerd, vervolgens wordt opgeslagen en gemend, en uiteindelijk weer wordt geëxporteerd. We nemen daarom aan dat er een productie van 50% van die omvang mee gemoeid is[16], oftewel 23,5 Mton/jr. Dat is een grote omvang, het NZKG is immers de grootste benzinehaven ter wereld.
Om die brandstoffen biobased te produceren gaan we uit van grootschalige import van houtpellets, vervolgens opslag en voorbewerking (torrefactie) van de pellets, en uiteindelijk biobrandstofproductie via Fischer-Tropsch-fabrieken. De opslag van de brandstoffen past in de bestaande brandstofopslag in het NZKG, aangezien die sector als grondslag voor de berekeningen is gehanteerd.

Fysiek ruimtebeslag
Het fysiek ruimtebeslag is, zoals verwacht, zeer groot. De opslag en voorbewerking van de houtpellets vergt 3.600 ha aan fysieke ruimte, de biobrandstoffabrieken 1.000 ha; in totaal 4.600 ha. Dat is gelijk aan de totale oppervlakte van het NZKG en leidt tot de conclusie dat dit niet past in die omvang.

Investeringen en werkgelegenheid
Met die grote omvang hangen ook grote investeringen samen: 58 miljard euro. En een permanente werkgelegenheid van 5.700 fte.

Beoordeling van deze ontwikkelrichting
Het is duidelijk dat dit niet past in het NZKG. Dat roept de vraag op: hoe kan de brandstofhandel dan wel vanuit de energietransitie een bijdrage leveren aan de internationale concurrentiepositie van de MRA? Dat kan door de brandstoffen niet grootschalig zelf te produceren in het gebied, maar door de huidige import, opslag en export van brandstofstromen geleidelijk te vervangen door biobased brandstoffen.
In (Ecorys, 2018) staat dat ook als aanbeveling, passend bij de geleidelijke verschuivingen op de wereldmarkten, want er moet uiteraard wel een vraag zijn naar die producten. Die ontwikkeling vergt geen extra ruimte ten opzichte van de huidige situatie in het NZKG. Bij die ontwikkeling past ook de relatief kleinschalige biobased brandstoffenproductie zoals die nu al plaatsvindt in het NZKG op basis van reststromen. Die sector kan worden uitgebreid als onderdeel van de uitbreiding van de circulaire economie in het NZKG, dat al onderdeel is van de basisstappen. De precieze omvang is afhankelijk van de gedetailleerde inpassing in de ruimte in het NZKG.

5.4 Grafische verbeeldingen van de ontwikkelrichtingen

Op de volgende pagina's staan de ontwikkelrichtingen grafisch verbeeld op een schematische kaartondergrond van het NZKG. Achtereenvolgens zijn dat:
- Richting 1: NZKG als nationale/internationale waterstofhub;
- Richting 2: NZKG: CO_2 als grondstof voor chemie;
- Richting 3: NZKG als leverancier voor hernieuwbare elektriciteit voor de MRA;
- Richting 4a: NZKG als grootschalige producent van biobased transportbrandstoffen;

---

[15] Ter vergelijking: vanuit het NZKG wordt ook 50% van de kerosine aan Schiphol geleverd via een pijplijn, met een huidige omvang van 1,8 Mton/jr.

[16] Dat is een ondergrens, omdat daarnaast nog sprake is van transport van brandstoffen via de binnenvaart.

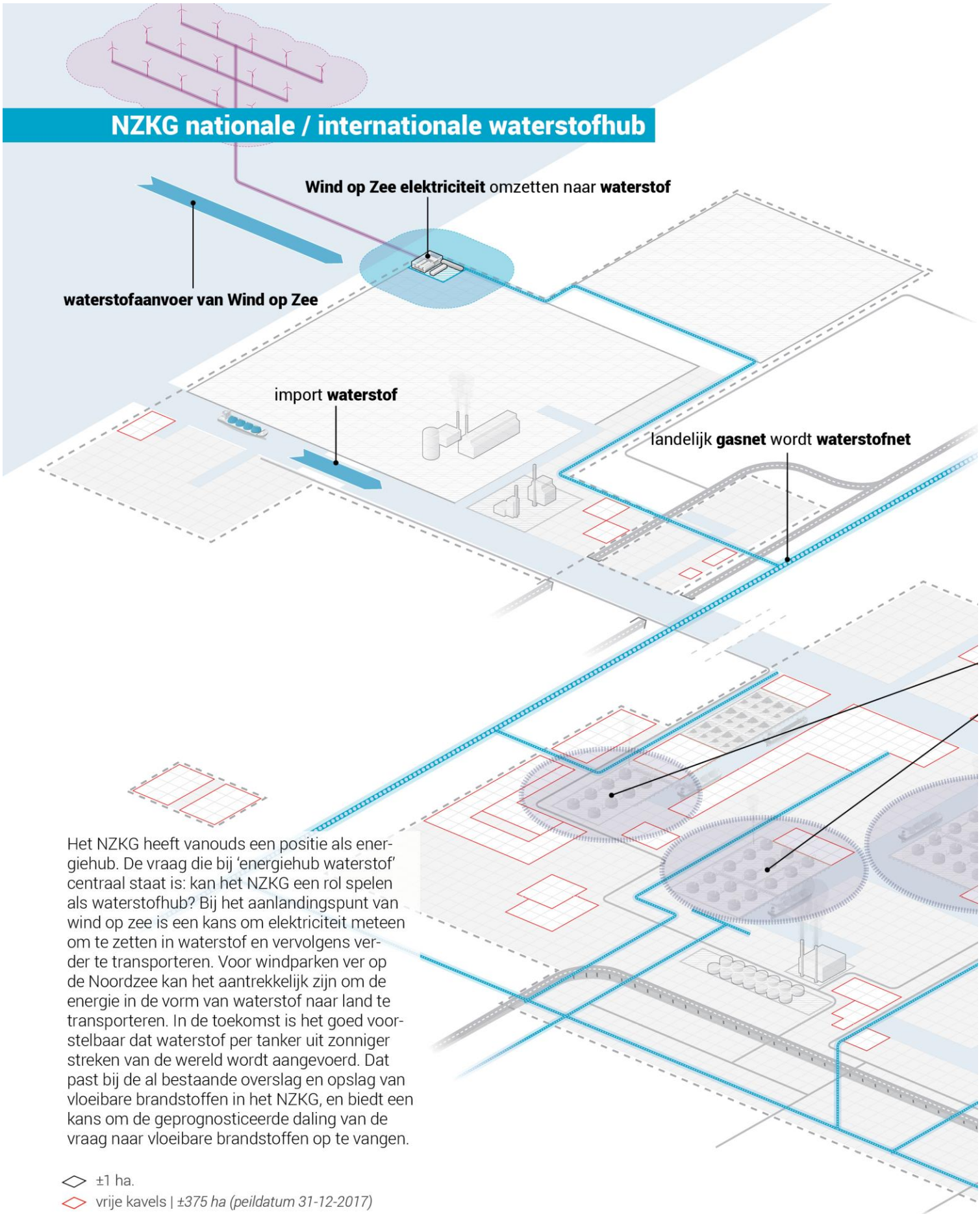
- Richting 4b: NZKG: import, opslag en handel in biobased transportbrandstof plus kleinschalige productie uit reststromen;
- Syntheseplaat met daarin de onderdelen van de richtingen die passen bij het gebied, en inclusief de zes basisstappen.

De syntheseplaat is gebaseerd op de beoordelingen van de verschillende ontwikkelrichtingen. In die beoordelingen is steeds geduid wat er wel en wat niet mogelijk is, en wat consequenties zijn van keuzes. De hier beschreven toepassing van de verschillende ontwikkelconcepten levert een maximale bijdrage aan een klimaatneutraal NZKG plus bijdrage aan een klimaatneutrale MRA, waarbij er goede ontwikkelkansen zijn voor de industrie, terwijl tegelijkertijd ook het beslag op de schaarse ruimte in het NZKG zo beperkt mogelijk is.

Disclaimer over de getoonde milieucontouren in de platen

De informatie voor de milieucontouren zoals die in de kaarten worden getoond zijn afkomstig van Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (zie de memo die integraal is overgenomen in Bijlage G), met daarbij de nadrukkelijke ‘disclaimer’ dat het om indicaties gaat en dat er geen rechten aan ontleend kunnen worden.

NZKG nationale / internationale waterstofhub



Het NZKG heeft vanouds een positie als energiehub. De vraag die bij 'energiehub waterstof' centraal staat is: kan het NZKG een rol spelen als waterstofhub? Bij het aanlandingspunt van wind op zee is een kans om elektriciteit meteen om te zetten in waterstof en vervolgens verder te transporteren. Voor windparken ver op de Noordzee kan het aantrekkelijk zijn om de energie in de vorm van waterstof naar land te transporteren. In de toekomst is het goed voorstelbaar dat waterstof per tanker uit zonniger streken van de wereld wordt aangevoerd. Dat past bij de al bestaande overslag en opslag van vloeibare brandstoffen in het NZKG, en biedt een kans om de geprognosticeerde daling van de vraag naar vloeibare brandstoffen op te vangen.

- ±1 ha.
- vrije kavels | *±375 ha (peildatum 31-12-2017)*
- overig (uitgegeven kavels) | *±4.300 ha.*
- gebiedscontouren NZKG - totaal | *±4.700* ha.*
- milieucontouren**

** inclusief 680 ha. Tata Steel*

*** Memo OD NZKG, september 2018*

> Alle aardgasgebruik vervangen door waterstofproductie in NZKG

Inclusief import waterstof
> waterstofimport per schip

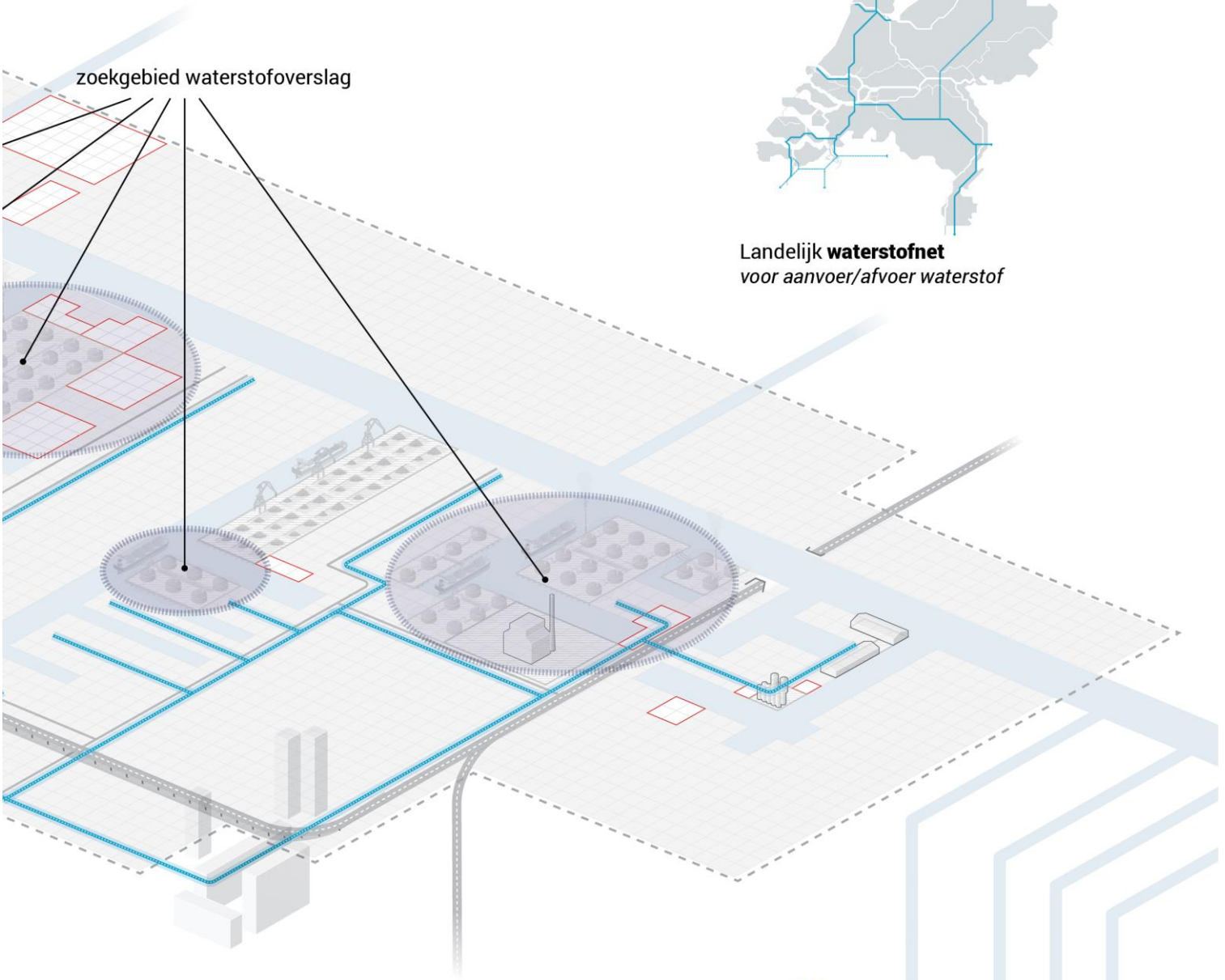
> Grootschalige innovatieve nieuwe business
> Werkgelegenheid

Inclusief import waterstof
> Past goed bij huidige business van vloeibare brandstoffen
> Innovatieve nieuwe business
> Kan in plaats komen van daling in die sector

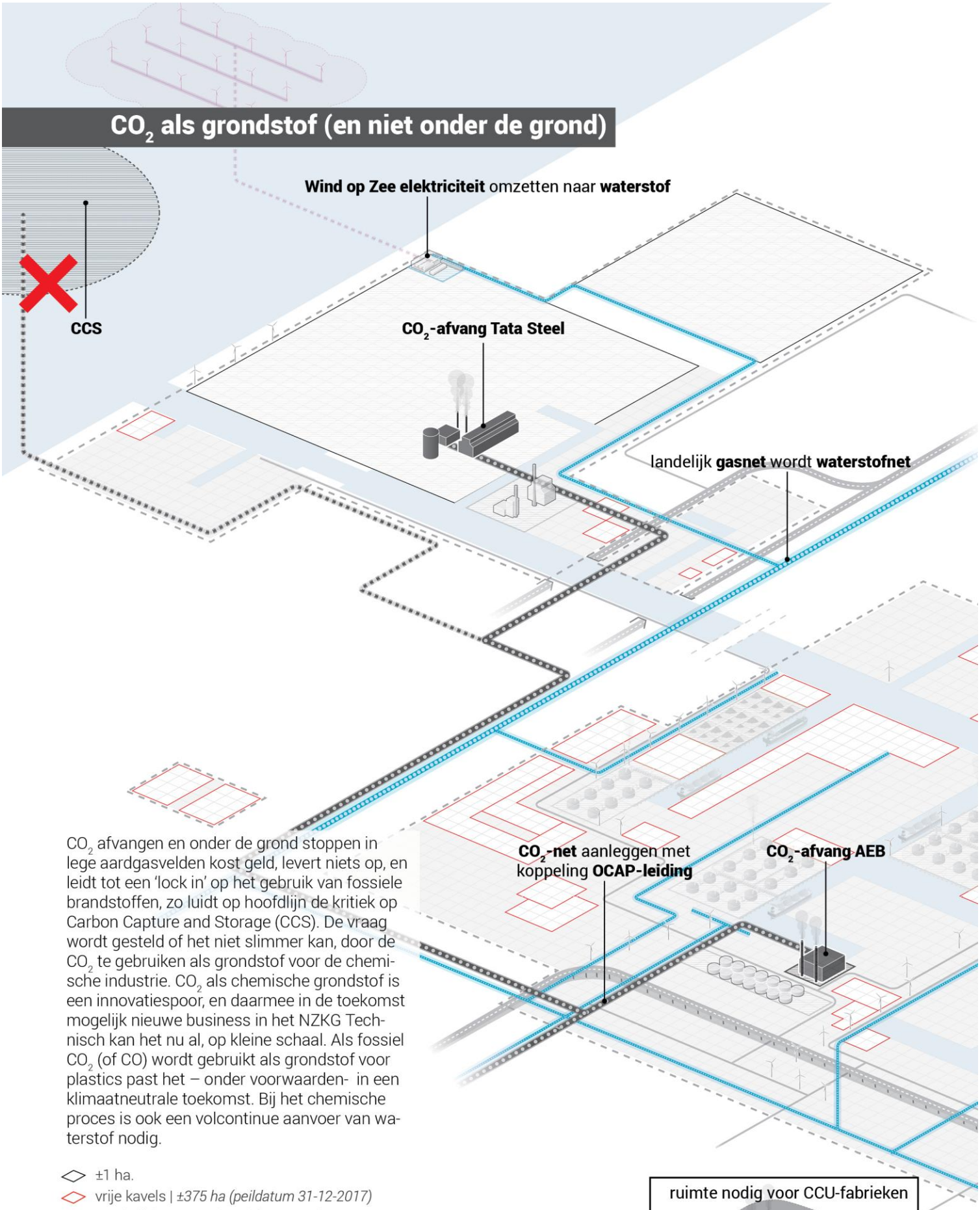
> Groene waterstof vergt hernieuwbare elektriciteit.
> Groene waterstof heeft nu nog hoge kostprijs, en import wordt mogelijk goedkoper
> Indien lokaal waterstofnet: Wind op zee produceert niet full time, grote opslag nodig

Inclusief import waterstof
> Concurrentie van andere mogelijke aanlandingsplaatsen

Landelijk **waterstofnet**
voor aanvoer/afvoer waterstof



CO_2 als grondstof (en niet onder de grond)



CO_2 afvangen en onder de grond stoppen in lege aardgasvelden kost geld, levert niets op, en leidt tot een 'lock in' op het gebruik van fossiele brandstoffen, zo luidt op hoofdlijn de kritiek op Carbon Capture and Storage (CCS). De vraag wordt gesteld of het niet slimmer kan, door de CO_2 te gebruiken als grondstof voor de chemische industrie. CO_2 als chemische grondstof is een innovatiespoor, en daarmee in de toekomst mogelijk nieuwe business in het NZKG Technisch kan het nu al, op kleine schaal. Als fossiel CO_2 (of CO) wordt gebruikt als grondstof voor plastics past het – onder voorwaarden- in een klimaatneutrale toekomst. Bij het chemische proces is ook een volcontinue aanvoer van waterstof nodig.

- ±1 ha.
- vrije kavels | *±375 ha (peildatum 31-12-2017)*
- overig (uitgegeven kavels) | *±4.300 ha.*
- gebiedscontouren NZKG - totaal | *±4.700* ha.*
- milieucontouren**

** inclusief 680 ha. Tata Steel*

*** Memo OD NZKG, september 2018*

ruimte nodig voor CCU-fabrieken

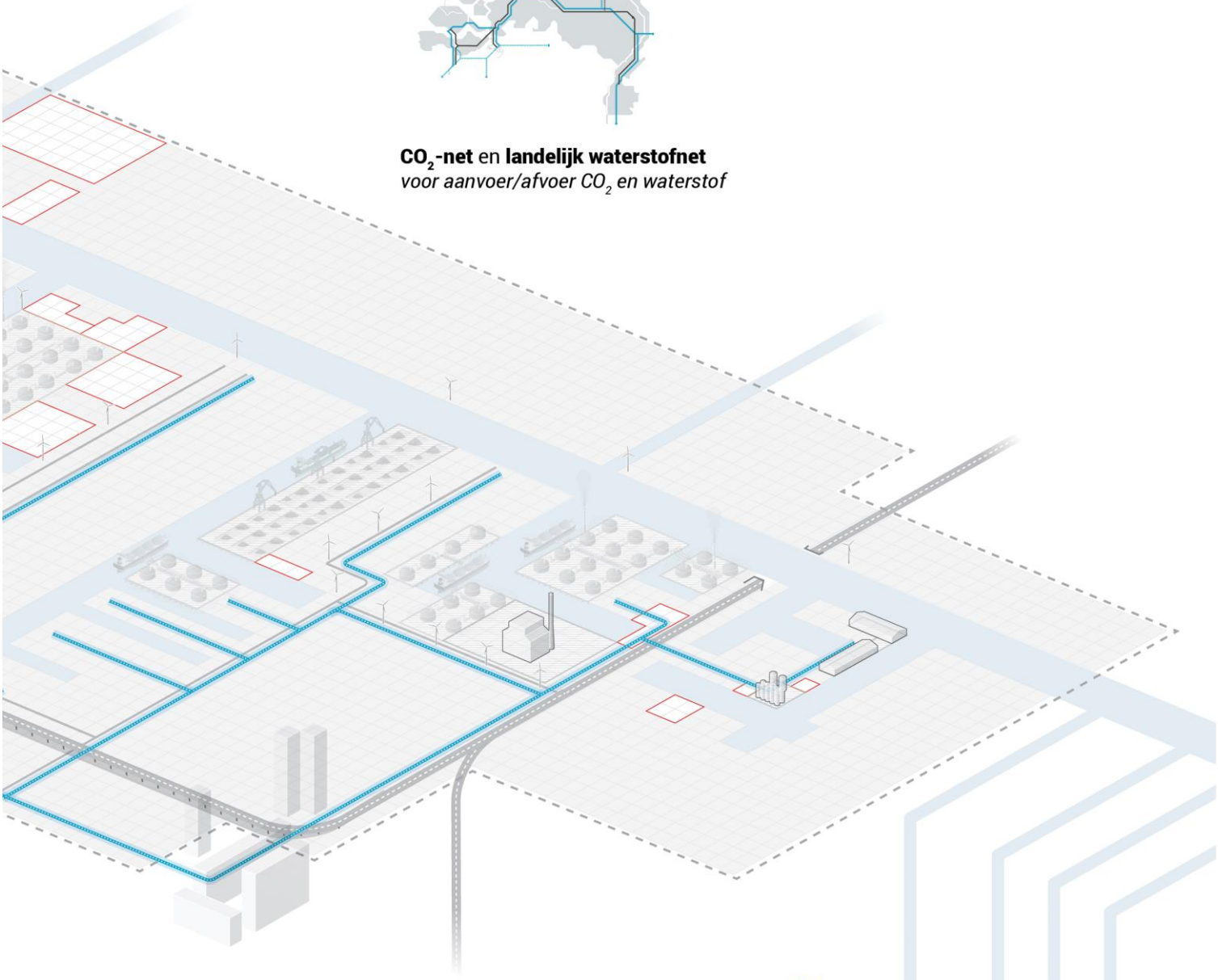
Methanol- of naftafabriek ±30 ha.

- > CO_2 niet onder de grond stoppen in lege aardgasvelden zoals in de basisstappen, maar gebruiken als chemische grondstof voor nafta, methanol. Naast de CO_2 is ook waterstof nodig
- > CO_2-net aanleggen met koppeling met OCAP-leiding
- > Gasnet wordt waterstofnet (aangesloten op landelijk waterstofnet)

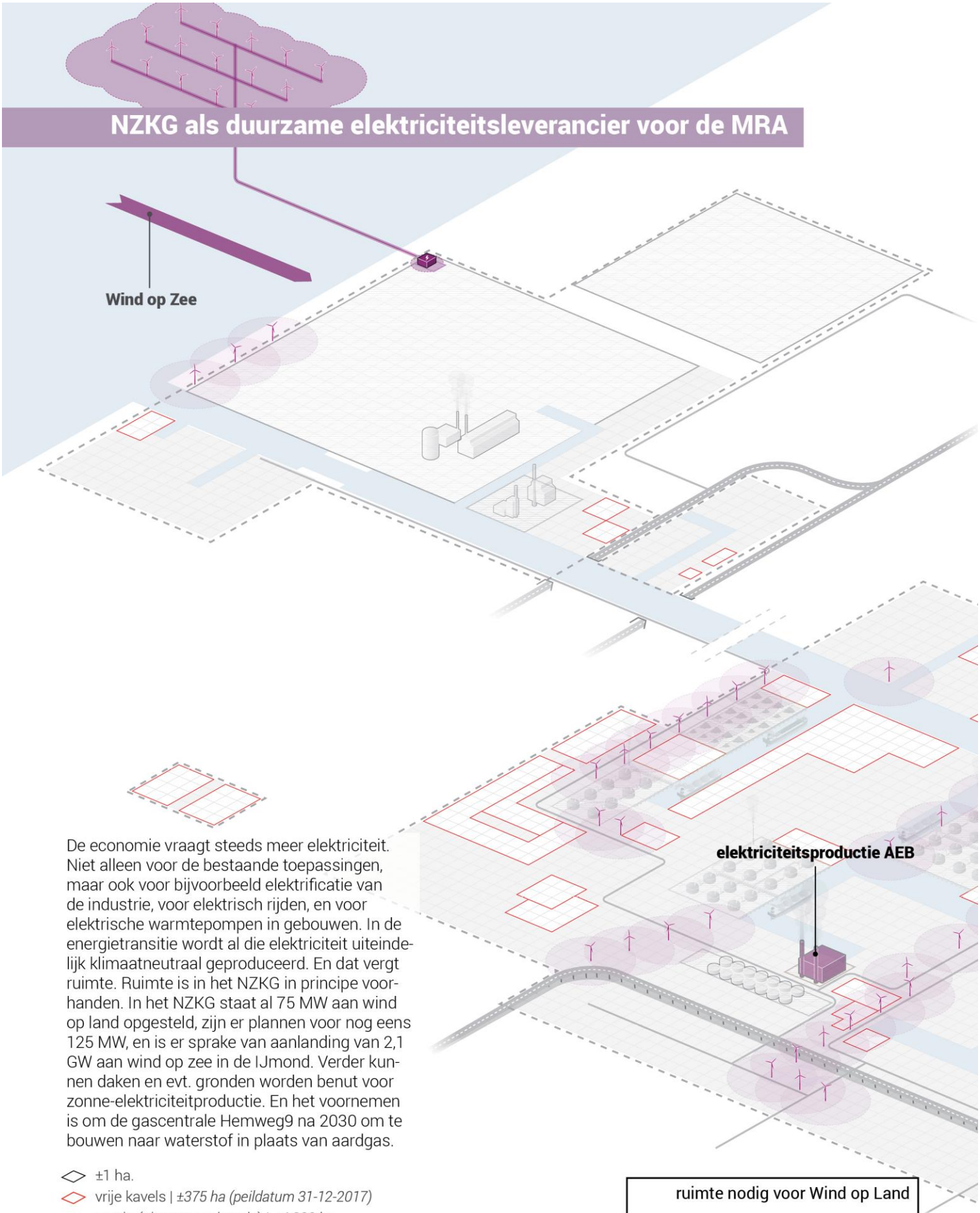
- > Innovatieve nieuwe business in NZKG door CCU (en evt. door productie groene waterstof)
- > Werkgelegenheid

- > Nafta en methanol als grondstof passen in principe in het klimaatneutrale eindbeeld.
- > Ruimte nodig voor chemische fabrieken en evt. waterstofproductie
- > Indien lokale groene waterstof, dan ook opslag nodig want wind is er maar deel van de tijd
- > Is innovatiespoor, nog onzeker of grondstof op prijs kan concurreren met alternatieven.

CO_2-net en **landelijk waterstofnet**
voor aanvoer/afvoer CO_2 en waterstof



NZKG als duurzame elektriciteitsleverancier voor de MRA



De economie vraagt steeds meer elektriciteit. Niet alleen voor de bestaande toepassingen, maar ook voor bijvoorbeeld elektrificatie van de industrie, voor elektrisch rijden, en voor elektrische warmtepompen in gebouwen. In de energietransitie wordt al die elektriciteit uiteindelijk klimaatneutraal geproduceerd. En dat vergt ruimte. Ruimte is in het NZKG in principe voorhanden. In het NZKG staat al 75 MW aan wind op land opgesteld, zijn er plannen voor nog eens 125 MW, en is er sprake van aanlanding van 2,1 GW aan wind op zee in de IJmond. Verder kunnen daken en evt. gronden worden benut voor zonne-elektriciteitproductie. En het voornemen is om de gascentrale Hemweg9 na 2030 om te bouwen naar waterstof in plaats van aardgas.

- ±1 ha.
- vrije kavels | *±375 ha (peildatum 31-12-2017)*
- overig (uitgegeven kavels) | *±4.300 ha.*
- gebiedscontouren NZKG - totaal | *±4.700* ha.*
- milieucontouren**

** inclusief 680 ha. Tata Steel*

*** Memo OD NZKG, september 2018*

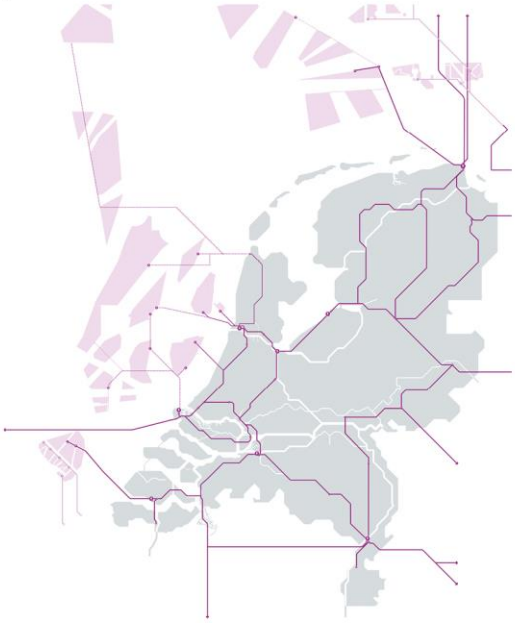
ruimte nodig voor Wind op Land

Windturbine 600 meter tot woningen, of bijvoorbeeld een school of ziekenhuis. (PNH)

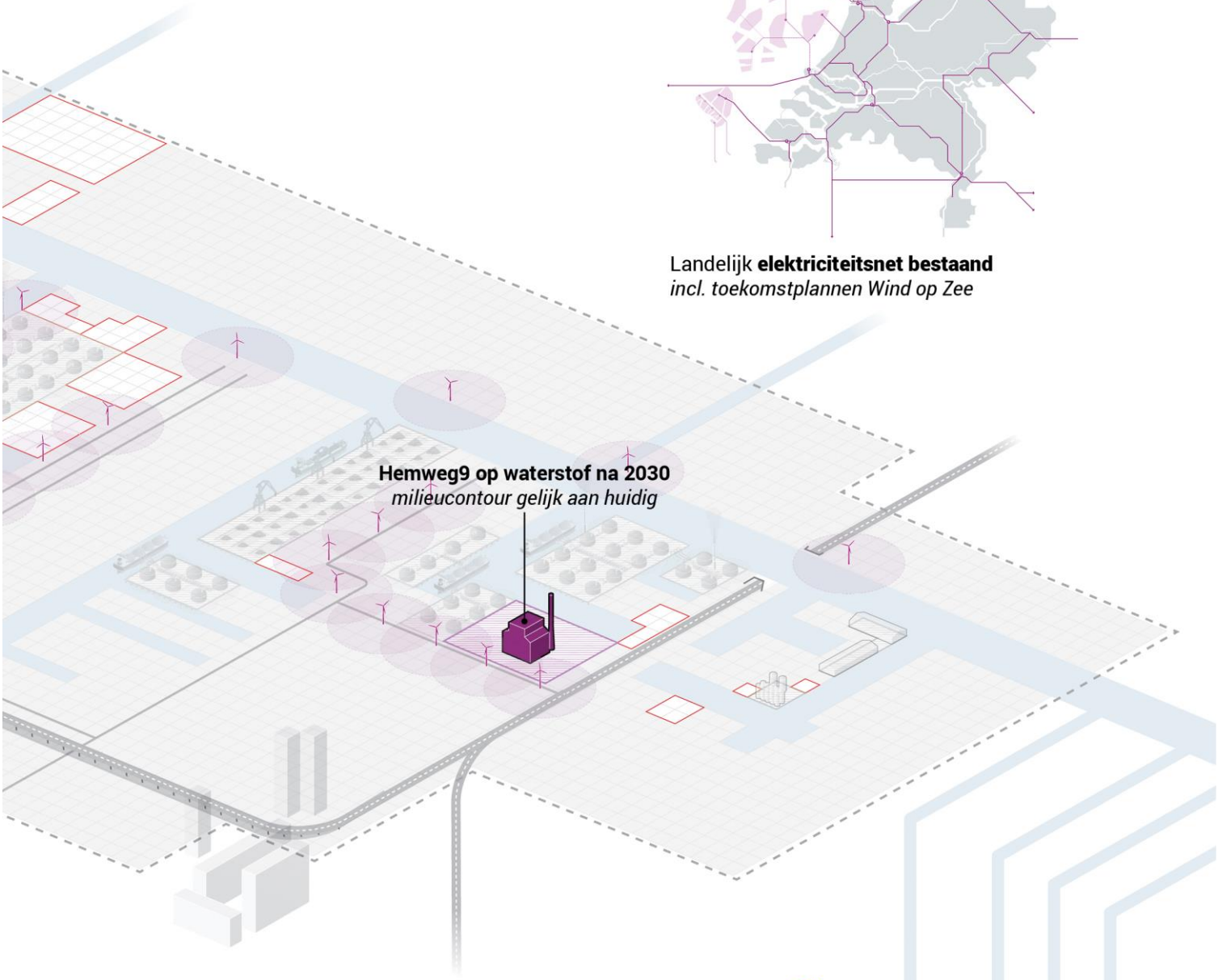
> NZKG levert hernieuwbare elektriciteit voor de MRA (wind (en zon) op land en daken, aanlanding wind op zee, Hemweg9 op waterstof na 2030

> Grootschalige opties, dat zet zoden aan de dijk voor energietransitie MRA
> Elektriciteit uit wind en zon is bestaande techniek
> Naast productie met wind en zon ook vraagvolgende productie nodig in het systeem, zoals met Hemweg9-waterstofcentrale

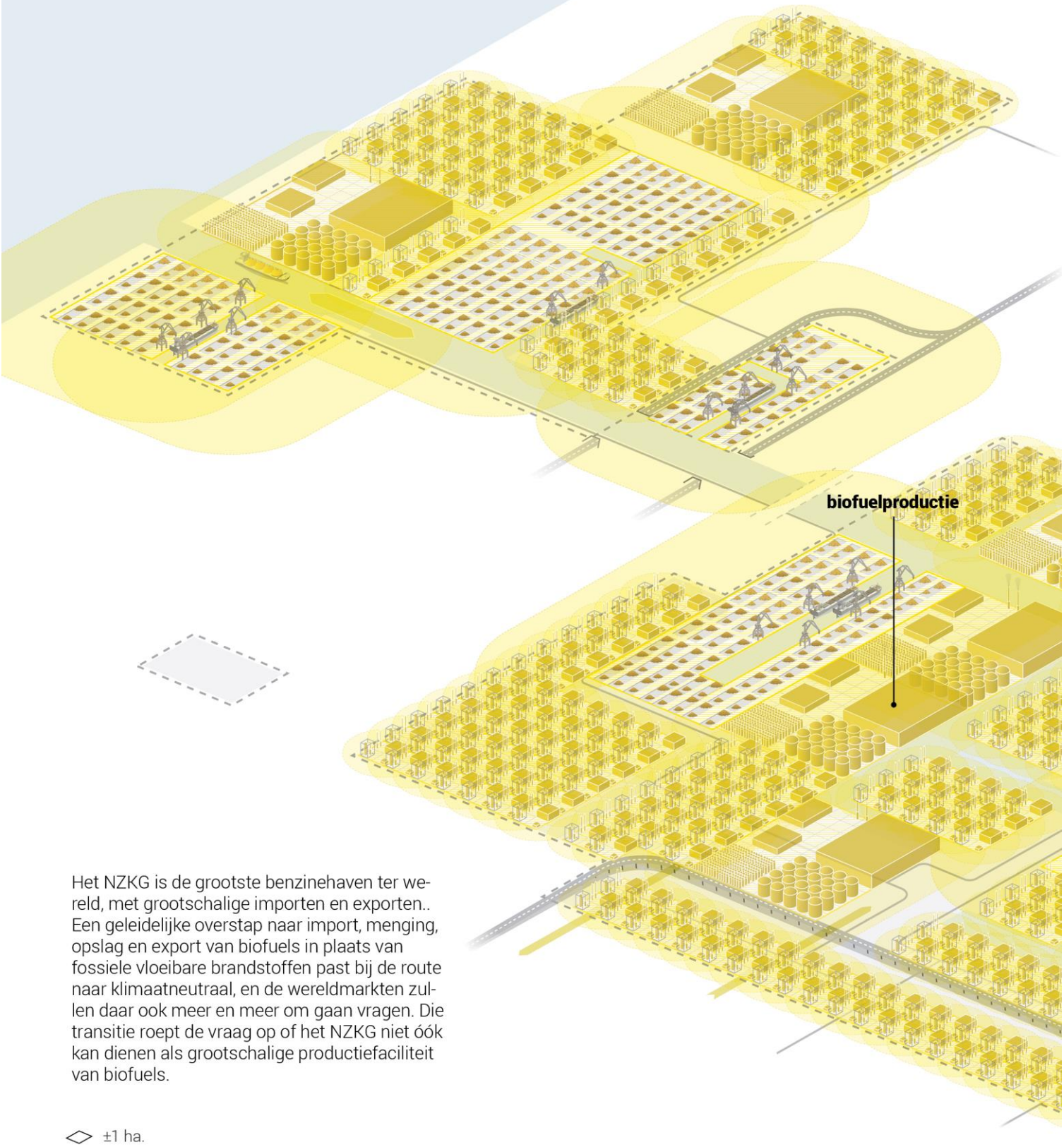
> **Ruimtebeslag wind op land (kan evt. tijdelijk)**



Landelijk **elektriciteitsnet bestaand**
incl. toekomstplannen Wind op Zee



NZKG biobased: grootschalige productie vloeibare brandstoffen



Het NZKG is de grootste benzinehaven ter wereld, met grootschalige importen en exporten.. Een geleidelijke overstap naar import, menging, opslag en export van biofuels in plaats van fossiele vloeibare brandstoffen past bij de route naar klimaatneutraal, en de wereldmarkten zullen daar ook meer en meer om gaan vragen. Die transitie roept de vraag op of het NZKG niet óók kan dienen als grootschalige productiefaciliteit van biofuels.

◇ ±1 ha.

gebiedscontouren NZKG - totaal | *±4.700* ha.*

milieucontouren**

** inclusief 680 ha. Tata Steel*

*** Memo OD NZKG, september 2018*

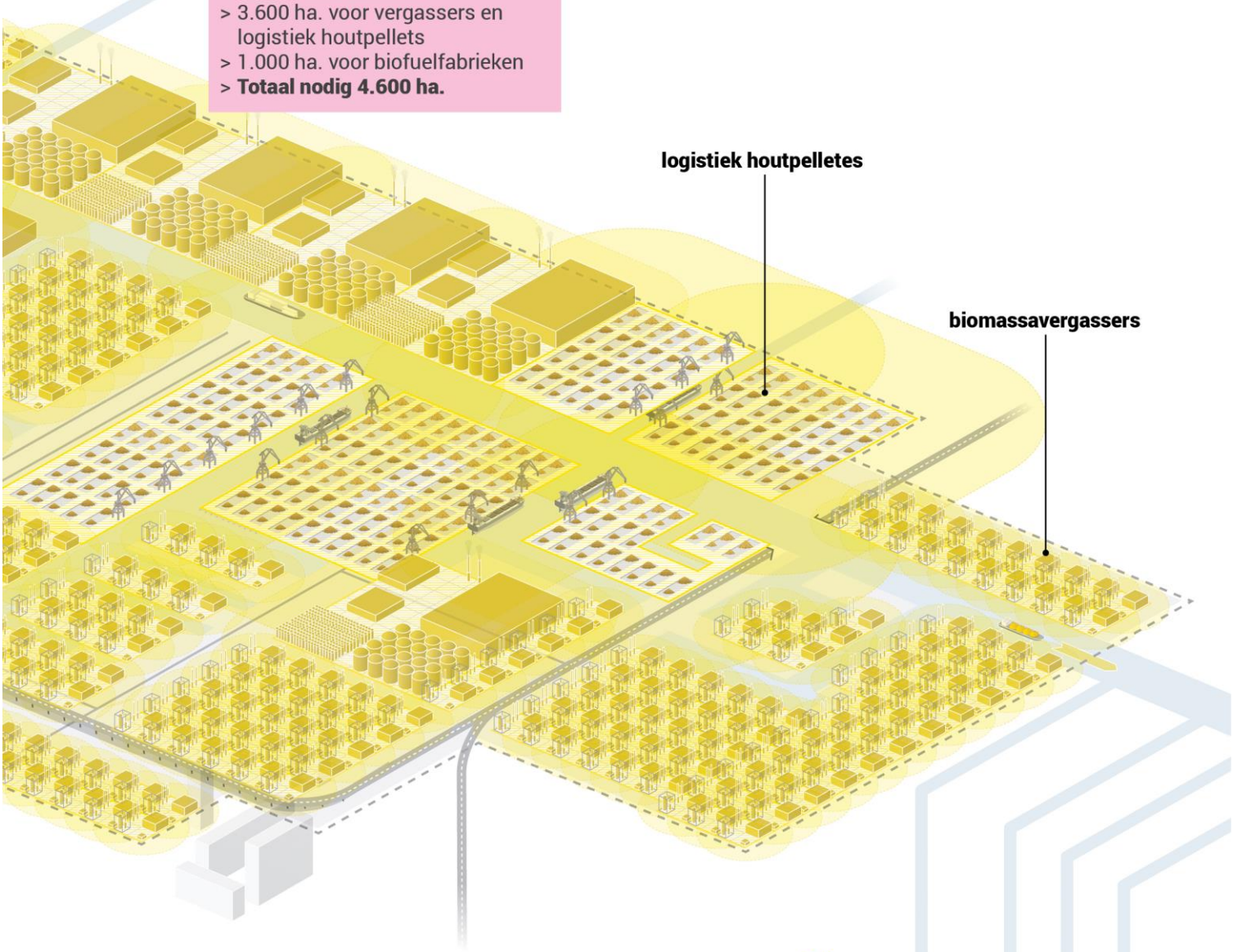
- > Alle brandstoffen die in NZKG worden verhandeld ook in NZKG biobased geproduceerd, uit geïmporteerde houtpellets
- > Grootschalige import biomassa (houtpellets)
- > Opslag en verwerking houtpellets
- > Grootschalige biobrandstoffenproductie

- > Grootschalige innovatieve nieuwe business
- > Sluit aan bij bestaande internationale brandstofhandel (NZKG is grootste benzinehaven ter wereld)
- > Werkgelegenheid

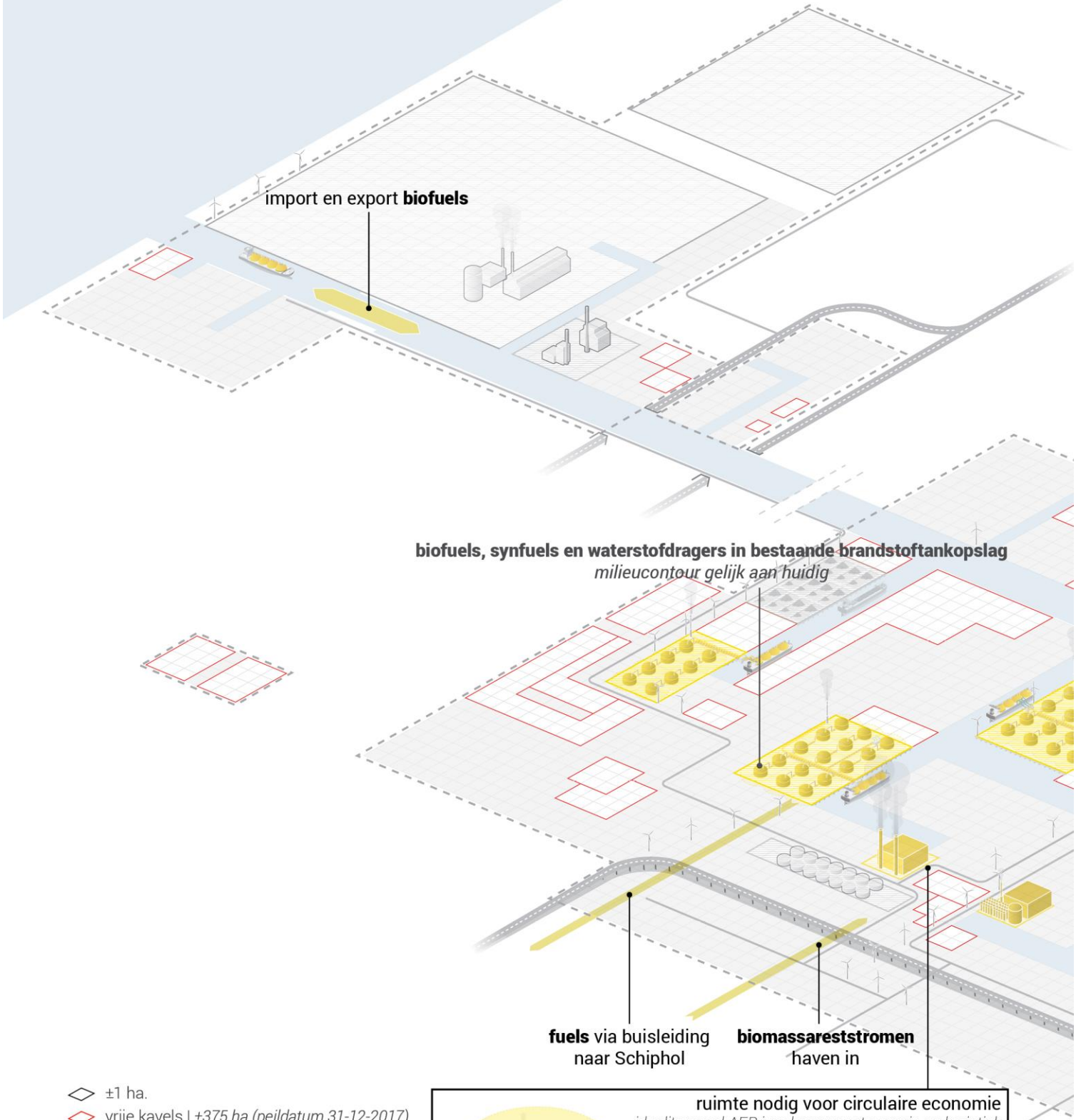
- > NZKG geen traditie in grootschalige brandstofproductie, en geen groot industrieel chemisch cluster
- > Zeer groot ruimtebeslag voor biomassa-opslag en –behandeling
- > Zeer groot ruimtebeslag voor biomassavergassers en biofuelfabrieken

Totaal oppervlakte NZKG beslaat ±4.700 ha. (inclusief Tata Steel-terrein). Voor deze ontwikkeloptie is nodig qua beschikbare ruimte:

- > 3.600 ha. voor vergassers en logistiek houtpellets
- > 1.000 ha. voor biofuelfabrieken
- > **Totaal nodig 4.600 ha.**



NZKG biobased -*geen grootschalige eigen productie in NZKG*



- ±1 ha.
- vrije kavels | *±375 ha (peildatum 31-12-2017)*
- overig (uitgegeven kavels) | *±4.300 ha.*
- gebiedscontouren NZKG - totaal | *±4.700* ha.*
- milieucontouren**

** inclusief 680 ha. Tata Steel*
*** Memo OD NZKG, september 2018*

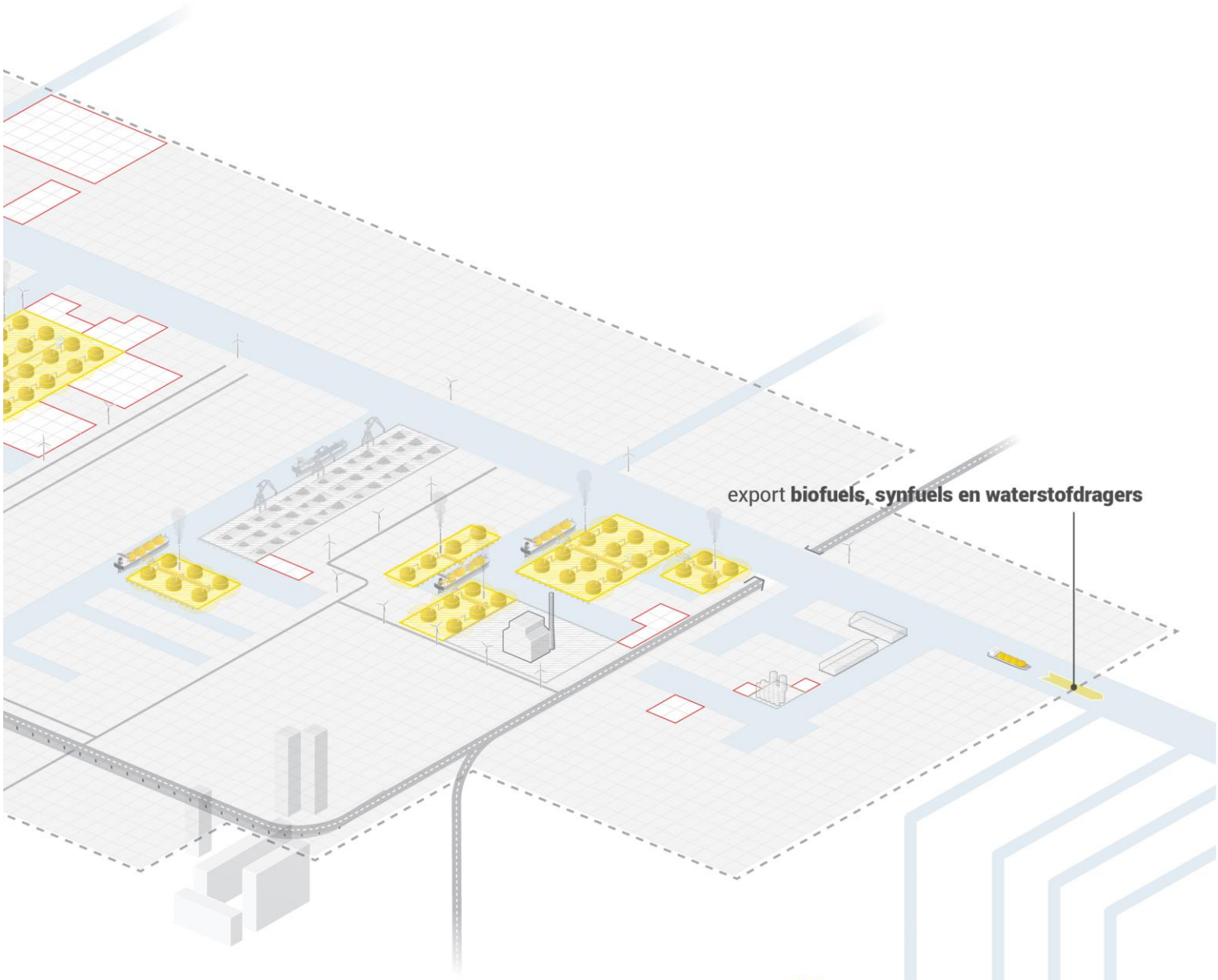
ruimte nodig voor circulaire economie
idealiter rond AEB ivm knooppunt energie en logistiek

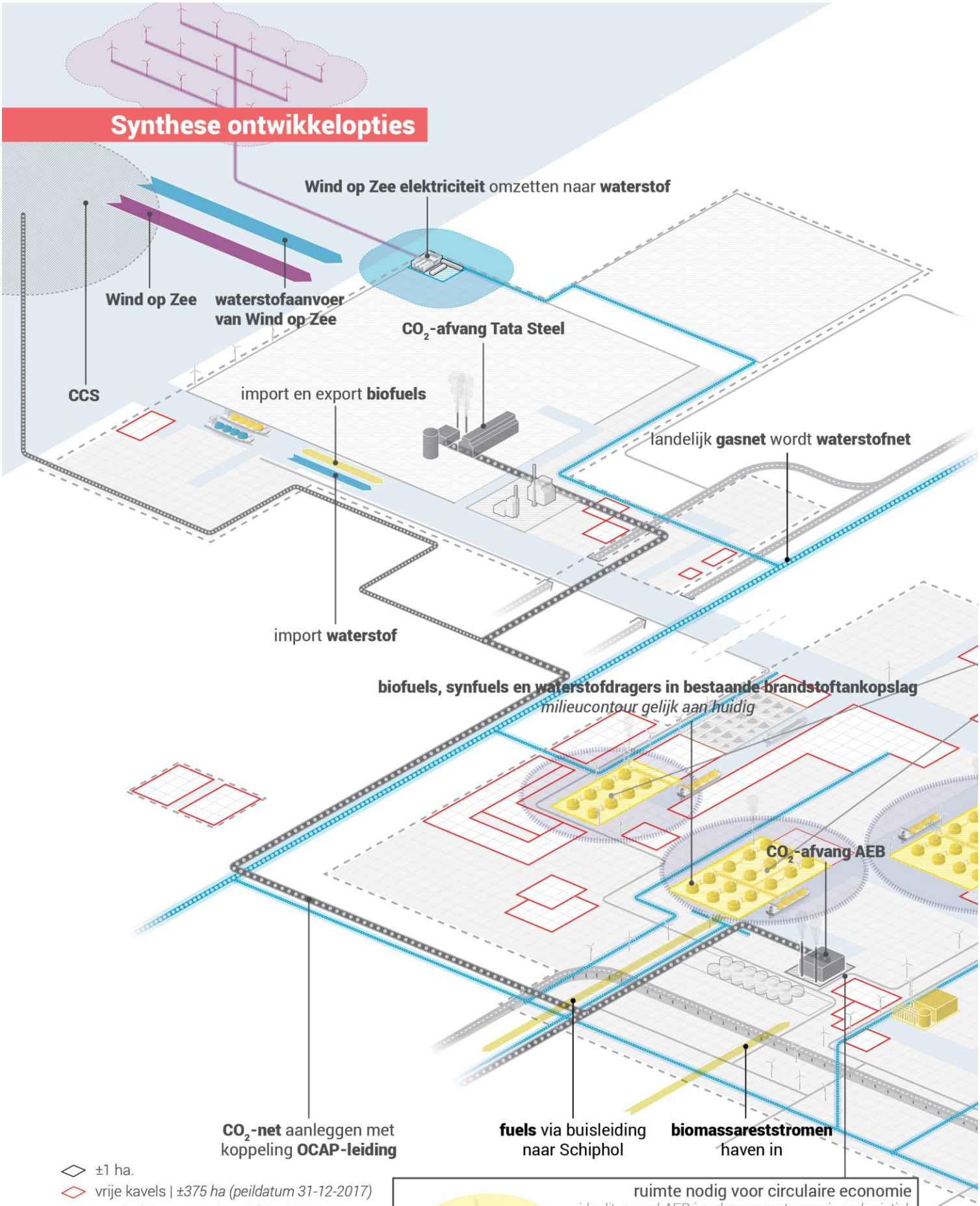
kleinschalige biofuelproductie uit reststromen ±10 ha. / fabriek	*kleinschalige biomassaver-gassers ±5 ha. / fabriek*	*groengasproductie ±1 ha. / fabriek*

> Alle brandstoffen in NZKG geleidelijk naar biobased, in gebied alleen relatief kleinschalige productie uit reststromen (circulair)

> Ontwikkeling past ruimtelijk in bestaande brandstoffensysteem NZKG
> Sluit aan bij verdere ontwikkeling circulaire economie (relatief kleinschalige productie biofuels uit reststromen)

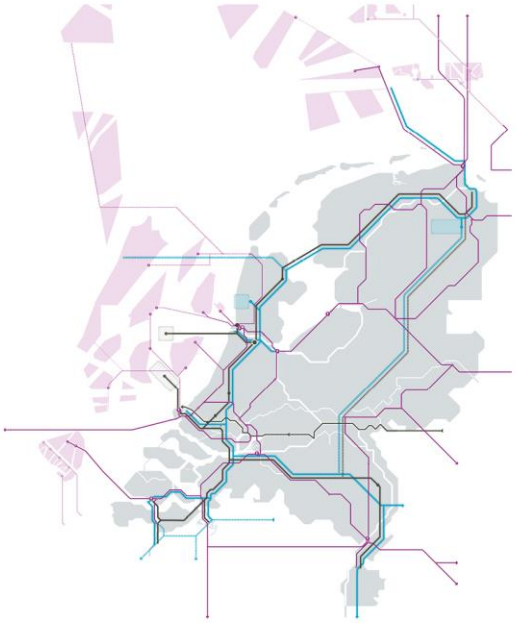
> Geen grootschalige extra business vanuit biofuelproductie



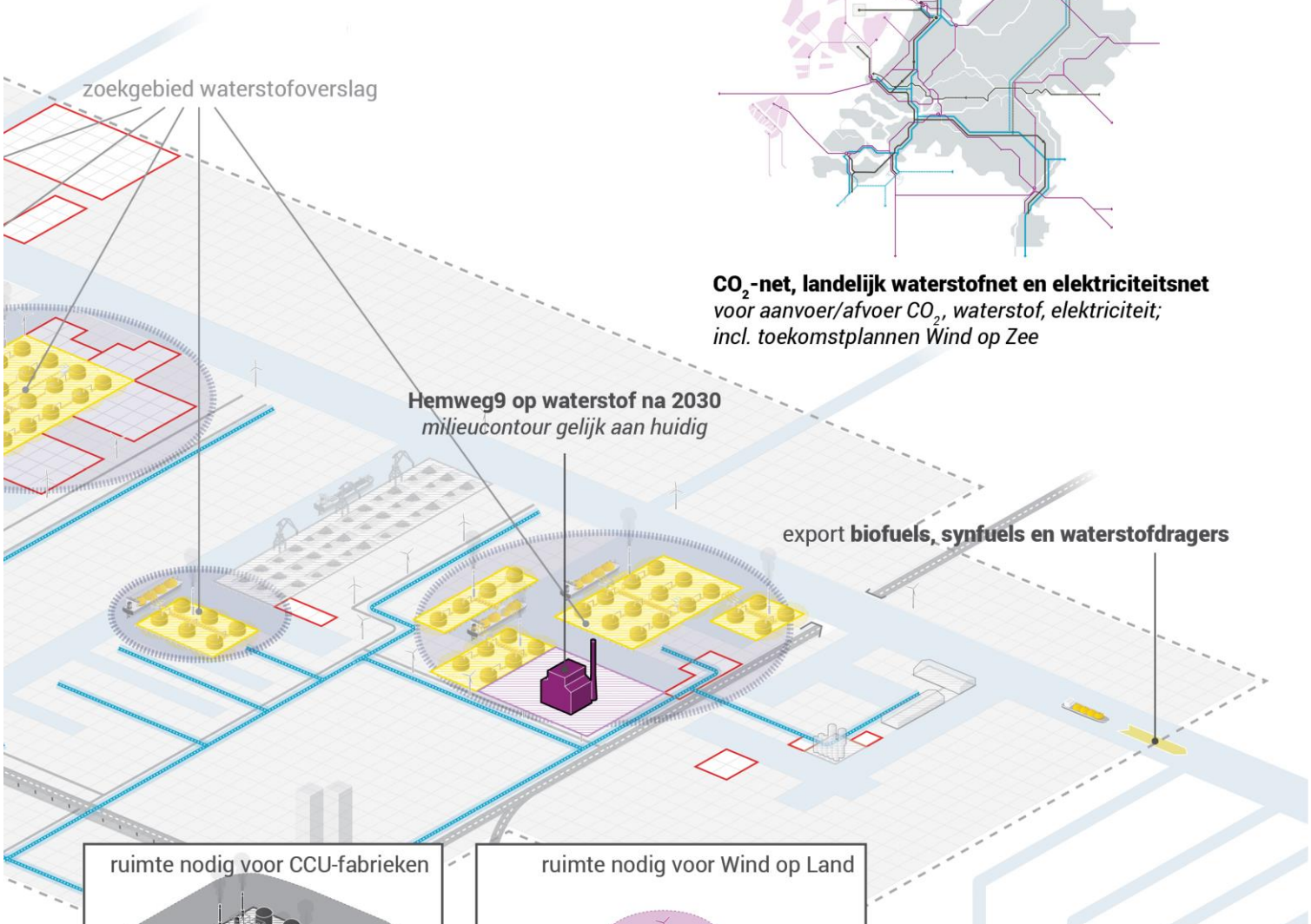

Synthese ontwikkelopties
Wind op Zee elektriciteit omzetten naar waterstof
Wind op Zee
waterstofaanvoer van Wind op Zee
CO2-afvang Tata Steel
CCS
import en export biofuels
landelijk gasnet wordt waterstofnet
import waterstof
biofuels, synfuels en waterstofdragers in bestaande brandstoftankopslag
milieucontour gelijk aan huidig
CO2-afvang AEB
CO2-net aanleggen met koppeling OCAP-leiding
fuels via buisleiding naar Schiphol
biomassareststromen haven in
±1 ha.
vrije kavels | ±375 ha (peildatum 31-12-2017)
overig (uitgegeven kavels) | ±4.300 ha.
gebiedscontouren NZKG - totaal | ±4.700* ha.
milieucontouren**
* inclusief 680 ha. Tata Steel
** Memo OD NZKG, september 2018
ruimte nodig voor circulaire economie
idealiter rond AEB ivm knooppunt energie en logistiek
kleinschalige biofuelproductie uit reststromen ±10 ha. / fabriek
kleinschalige biomassaver-gassers ±5 ha. / fabriek
groengasproductie ±1 ha. / fabriek

Basisstappen *(niet allemaal weergegeven op de kaart)*

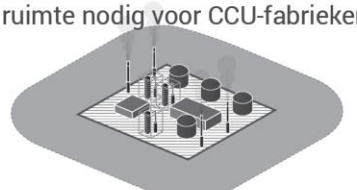
> Verzwaren elektriciteitsnet
> Gasnet omzetten naar waterstofnet
> Aanleg CO_2-net
> Warmtelevering aan MRA
> Ruimte voor circulair
> Ruimte voor aanleg / onderhoud Wind op Zee



CO_2-net, landelijk waterstofnet en elektriciteitsnet
voor aanvoer/afvoer CO_2, waterstof, elektriciteit; incl. toekomstplannen Wind op Zee

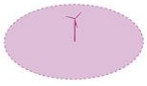


ruimte nodig voor CCU-fabrieken



Methanol- of naftafabriek ±30 ha.

ruimte nodig voor Wind op Land



Windturbine 600 meter tot woningen, of bijvoorbeeld een school of ziekenhuis. (PNH)

STUDIOMARCOVERMEULEN CE Delft

6 Conclusies en aanbevelingen

De wereld verandert naar klimaatneutraal en circulair, wat betekent dat voor het NZKG?

De samenleving en de mondiale economie gaan ingrijpend veranderen door de transitie naar klimaat-neutrale en circulaire toekomst in 2050. Dat raakt de huidige activiteiten in het NZKG en biedt ook kansen voor nieuwe industriële activiteiten, en voor het leveren van 'energiediensten' aan de MRA. De centrale vraag is hoe het NZKG vanuit de energietransitie en circulaire economie een zo groot mogelijke bijdrage kan leveren aan de internationale concurrentiepositie van de Metropoolregio Amsterdam (MRA). Deelvragen zijn hoe het NZKG zelf klimaatneutraal kan worden, teneinde te zorgen dat het gebied vitaal en aantrekkelijk blijft voor bedrijven, welke diensten het NZKG kan leveren aan de transitie van de MRA, en welke kansen er vanuit de transitie zijn voor bestaande en nieuwe industriële activiteit. Bij alle veranderingen geldt: ruimte is schaars, niet alleen fysiek maar ook de 'milieuruimte'.

De **marktvraag** naar klimaatneutraal en circulair wordt gedreven door het (inter)nationaal -beleid, dat gericht is op halvering van de CO_2-emissies in 2030 en klimaatneutraal in 2050.
Voor het tempo dat met de transities in het NZKG gemaakt kan worden is een krachtig en stabiel nationaal en Europees klimaatbeleid nodig. Dat beleid wordt gevoerd in een mondiale context. Omdat veel van de industrieën in het NZKG voor de wereldmarkt produceren is voor de energietransitie van de bedrijven van belang dat die niet ten koste gaat van hun concurrentiepositie op die wereldmarkt. Hetzelfde geldt voor nieuwe industrie vanuit de energietransitie: het speelveld is mondiaal.

De focus in de ontwikkelstrategie ligt op de gemeenschappelijke zaken in het NZKG. Daarnaast werken de individuele bedrijven aan hun energie-efficiency, hetgeen een belangrijke ingrediënt is van de energietransitie. De overheden hebben daarbij een rol als bevoegd gezag.

De belangrijkste krachten die op het NZKG inwerken op het gebied van energietransitie en circulaire economie zijn weergegeven in Figuur 7. Circulaire economie is onderdeel van het antwoord op de vraag naar een klimaatneutrale grondstofvoorziening.

Figuur 7 - Krachtenvelden die inwerken op het NZKG op gebied van energietransitie en circulaire economie

Basisstappen

De basisstappen om de energietransitie mogelijk te maken en de aantrekkelijkheid van het NZKG voor bedrijven zo groot mogelijk te maken, waarmee op korte termijn aangevangen kan worden, zijn:

1. De elektriciteitsinfrastructuur in het gebied wordt verzwaard ten behoeve van de groeiende vraag naar elektriciteit (elektrificatie in de industrie, elektrisch vervoer, elektrische warmtepompen).
2. De bestaande aardgasinfrastructuur wordt geleidelijk omgebouwd naar een waterstofinfra-structuur, inclusief een koppeling met een landelijk waterstoftransportnetwerk.
3. Het bestaande CO_2-net van OCAP dat nu vanuit Rotterdam via de glastuinbouwgebieden tot aan het havengebied in Amsterdam loopt wordt uitgebreid naar AfvalEnergieBedrijf Amsterdam (AEB) en naar Tata Steel, met ook een uitvoermogelijkheid naar CO_2-opslag in lege aardgasvelden onder de Noordzee.
4. Het NZKG gaat warmte leveren aan de bebouwde omgeving in IJmond, Zaanstad en Amsterdam, vanuit restwarmtebronnen, indien geologisch mogelijk vanuit geothermie, en op termijn ook met lagetemperatuurwarmte van datacenters. Een deel van dat warmtenetwerk is al bestaand.
5. In het NZKG wordt ingezet op uitbreiding van de circulaire economie, mede vanwege het strategische knooppunt van energie- en logistieke infrastructuren in het gebied. Hieronder valt ook relatief kleinschalige bio-energieproductie (biobrandstoffen, groengas) uit reststromen. De circulaire economie vergt ook uitbreiding van (fysieke en milieu-) ruimte.
6. In het NZKG wordt ruimte geboden voor aanleg en onderhoud van windparken op zee. Dat vergt een haven, en daarnaast ook ruimte voor opslag, assemblage en productie van onderdelen (totaal 50 ha).

De eerste drie basisstappen zijn essentieel om het **NZKG toekomstgereed** te maken voor de energietransitie en daarmee economisch vitaal te houden. Ook smart grids passen daarbij. We vatten dat samen met de term: '**Infra op orde**'. Indien industrie, elektriciteitscentrales en transport in het NZKG daadwerkelijk overstappen op klimaatneutrale energiedragers dan wel (Tata en AEB) de geproduceerde CO_2 afvangt en vastlegt, dan is het NZKG klimaatneutraal. De eerste drie basisstappen

('Infra op orde') leggen daarvoor de basis. Met Basisstappen 4 en 5 wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan de transitie van de MRA als geheel naar klimaatneutraal en circulair, waarnaar nu al concrete marktvraag is, en Basisstap 6 is een belangrijke economische kans in het gebied die voortkomt uit de energietransitie en de strategische ligging van het gebied nabij de windparklocaties op de Noordzee, waarnaar óók nu al concrete marktvraag is. Bij de basisstappen is het werken aan energiebesparing als uitgangspunt gehanteerd.

Ruimtebeslag van basisstappen en ontwikkelrichtingen

Het ruimtebeslag dat samenhangt met de basisstappen en de ontwikkelrichtingen staat weergegeven in **Tabel 2**. De cijfers moeten gelezen worden als 'tot', aangezien het ontwikkelingen zijn die ook op kleinere schaal kunnen plaatsvinden. De milieuruimte in de derde kolom is indicatief en ontleend aan de memo van OD NZKG (zie Bijlage G).

Tabel 2 - Ruimtebeslag van basisstappen en ontwikkelrichtingen

Onderdeel	Fysiek ruimtebeslag (ha)	Indicatie milieuruimte (m afstand)
Verzwaring elektriciteitsnet in het gebied	2-3 ha (onderstations 50 kV)	50 m tot onderstation.
Warmteproductie geothermie	5 ha	50 m afstand tot geothermiebron.
Circulaire economie	80-100 ha	Afhankelijk van soort circulaire activiteit zie Bijlage G.
Aanleg en onderhoud Wind op zee	50 ha	Onbekend.
Methanolfabrieken (CCU)	30 ha[17]	300 m tot fabriek.
Waterstofproductie (in omvang gelijk aan huidig aardgasgebruik industrie en elektriciteitsproductie)	6 ha	300 m tot electrolyserinstallatie.
Biobrandstofproductie	10 ha per fabriek	Tot 300 m tot installatie indien zonder opslag. Tot 1.000 m afstand tot installatie, in geval van biodieselfabriek inclusief opslag.

Keuzes nodig voor de langere termijn ontwikkeling

Naast deze basisstappen, waarmee per direct kan worden aangevangen, is er ook behoefte aan een beeld voor de langere termijn economische en ruimtelijke ontwikkeling van het gebied in de energietransitie. Als het gaat om technische innovaties met een economisch potentieel beginnen deze kleinschalig met pilots en demoprojecten, maar indien succesvol is het de bedoeling om vervolgens op te schalen. Het is daarom, gezien de schaarse ruimte in het NZKG, belangrijk om nu al te verkennen of een bepaalde ontwikkeling op termijn ruimtelijk in te passen is in het gebied, en past bij de energietransitie. Hiertoe zijn vier mogelijke ontwikkelrichtingen verkend. Ze sluiten aan bij actuele energie- en klimaatdiscussies in de regio over de mogelijke ontwikkeling van het gebied. De ontwikkelrichtingen zijn onder andere beoordeeld op hun ruimtelijke impacts en economische kansen.
De richtingen sluiten elkaar niet uit maar kunnen in principe worden gecombineerd, mits de benodigde ruimte beschikbaar is. Als het ruimtebeslag bij voorbaat een probleem vormt is nagegaan op welke manier de richting dan wel te combineren is.

[17] Dit is exclusief waterstofproductie. Indien ook waterstofproductie in het gebied wordt gedaan voor deze omvang is 24 ha extra nodig voor elektrolysers plus de aansluiting op het landelijk waterstofnet zoals opgenomen in de basisstappen.

Die vier richtingen, en ons advies daarover, zijn:

1. **NZKG als nationale/internationale waterstofhub.** Dit is een **innovatiespoor** voor de langere termijn dat past bij de ontwikkeling van het gebied. Het advies is om die innovatie te faciliteren. Waterstof kan worden geproduceerd bij het aanlandingspunt van Wind op Zee, op windparken ver weg op de Noordzee en dan als waterstof naar land worden getransporteerd, en worden geïmporteerd per tanker. Ook opslag van 'waterstofdragers' past daar bij. Daarnaast adviseren we om in ieder geval in te zetten op koppeling met een landelijk waterstofnet om daarmee continue aanvoer van waterstof te kunnen borgen.
2. **NZKG: alle afgevangen CO_2 als grondstof voor chemie (plastics).** Ook dit is een **innovatiespoor** voor de langere termijn, met het advies om dat te faciliteren. Of het commercieel succesvol en schaalbaar is valt nu nog niet te zeggen. Daarom adviseren we daarnaast om in ieder geval ook te zorgen voor de uitvoermogelijkheid van CO_2 naar lege aardgasvelden onder de Noordzee.
3. **NZKG als elektriciteitsleverancier voor de MRA.** De vraag in de MRA naar hernieuwbare elektriciteit neemt toe. De NZKG kan daarin voorzien. Vanuit de aanlanding van Wind op Zee, vanuit wind en zon op land en op daken, en ook vanuit de gasgestookte Hemweg 9-centrale die na 2030 wordt omgebouwd naar waterstof. De ruimte voor Wind op Land kan tijdelijk worden uitgegeven, waarbij het zaak is te blijven zoeken naar een optimale ruimtelijke inpassing. Voor de locaties en wijze van aanlanding van de landelijk voorgenomen groei van Wind op Zee raden we aan om een adaptief toekomstgericht plan te ontwikkelen dat zowel rekening houdt met ruimtelijke mogelijkheden als met toekomstige vraagontwikkeling.
4. **NKZG: productie en opslag van biobased transportbrandstof.** Grootschalige biobrandstofproductie vergt veel meer ruimte dan er beschikbaar is. Geleidelijke bijmenging van geïmporteerde biobrandstoffen in de huidige grootschalige handel en opslag past juist heel goed bij het behoud van de internationale concurrentiepositie. Ook relatief kleinschalige biobrandstof-productie uit reststoffen past daar goed bij, als onderdeel van de uitbreiding van de circulaire economie.

Rol NZKG

Om deze basisstappen daadwerkelijk te realiseren adviseren we om samen met de belanghebbende partijen een proces te starten dat leidt tot een uitvoeringsprogramma. Daarin kunnen ook de eerste stappen van de ontwikkelrichtingen een plek krijgen, onder andere in de vorm van pilots en demoprojecten.
De regionale overheden kunnen dat proces initiëren en de voortgang van het proces monitoren en aansturen. Een belangrijk onderdeel van dat uitvoeringsprogramma vormt een gezamenlijke investeringsagenda, met daarin de concrete investeringen door elk van de geëigende partijen (netbeheerders, industrie, met bijdragen van de regionale overheden en van het Rijk en de EU).
Het uitvoeringsprogramma moet robuust zijn en adaptief, vanwege de vele onzekerheden die er nu nog zijn bij de energietransitie. Sommige van de deelprocessen zijn al gestart, zoals de Stuurgroep Warmte/Koude MRA. Een ander voorbeeld van een deelproces is de ontwikkeling van waterstofinfra-structuur in het gebied, dat ook in samenhang moet worden bezien met de elektrificatie van industriële processen. Hier ligt een hoge urgentie, niet alleen vanuit de klimaatopgave maar ook omdat het Rijk aangekondigd heeft dat de grote industrieën van het laagcalorisch 'Groningengas' af moeten.

We raden aan om daarbij goed af te stemmen met het onderhandelingsproces dat nu loopt voor het Klimaat- en Energie-akkoord (KEA), zowel met de hoofdtafel Industrie (en daaronder de subtafel NZKG) als met de andere hoofdtafels (m.n. Elektriciteit, Gebouwde Omgeving en Mobiliteit).

De ontwikkelstrategie energietransitie NZKG levert, tot slot, ook belangrijke input voor de op te stellen regionale energiestrategie (RES) Noord-Holland.

7 Lijst gebruikte afkortingen

Gebruikte afkortingen	
AEB	AfvalEnergieBedrijf
BECCS	BIoEnergie and Carbon Capture and Storage
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Usage
GJ	GigaJoule (10 tot de macht 9)
GW	GigaWatt (10 tot de macht 9)
ha	Hectare (10.000 m^2, oppervlak van 100x100 meter)
kton	Kiloton
kW	KiloWatt
MJ	MegaJoule (10 tot de macht 6)
MRA	Metropool Regio Amsterdam
Mton	Megaton (10 tot de macht 6)
MW	MegaWatt (10 tot de macht 6)
NZKG	Noordzeekanaalgebied
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
PJ	PetaJoule (10 tot de macht 15)
PNH	Provincie Noord-Holland

8 Geraadpleegde literatuur

Albemarle, 2011. *Maak kennis met Albemarle catalysts in Amsterdam Noord.* [Online]
Available at: https://ussproton.nl/files/sponsorlogos/albemarle.pdf
[Geopend 2018].
APA, 2018. *Asfalt Productie Amsterdam (APA) : over ons.* [Online]
Available at: https://www.asfaltproductieamsterdam.nl/over-ons/
[Geopend 2018].
Berenschot ; EnergyMatters; CE Delft; Industrial Energy Experts, 2017. *Electrification in the Dutch process industry : In-depth study of promising transition pathways and innovation opportunities for electrification in the Dutch process industry,* Utrecht: Berenschot Groep B.V..
Bosch & Van Rijn, 2016. *Windlocaties Westpoort : Ruimtelijke onderbouwing Windlocatie Hornweg,* Utrecht: Bosch & Van Rijn.
Buck Consultants, 2017. *Circulaire werklocaties Westas : Quickscan vestigingscriteria,* Den Haag: Buck Consultants International.
Cargill, 2010. *Schone verbranding van sojahullen.* [Online]
Available at: http://www.biowkk.eu/wp-content/uploads/2015/02/12695249207_Cargill-Chris-Velzeboer.pdf
[Geopend 2018].
CE Delft ; TNO, 2018. *Outlook Internationaal : factor 6, powerpoint presentatie,* Delft: CE Delft ; TNO.
CE Delft, 2015. *Potential for Power-to-Heat in the Netherlands,* Delft: CE Delft.
CE Delft, 2017a. *Net voor de toekomst : Achtergrondrapport,* Delft: CE Delft.
CE Delft, 2017b. *Ondergrondse elektriciteitsinfrastructuur Amsterdamse haven, niet openbaar,* Delft: CE Delft.
CE Delft, 2018. *EU ETS and research by CE Delft.* [Online]
Available at: https://www.cedelft.eu/en/eu-ets-1
[Geopend 2018].
CO2 emissiefactoren, 2014-heden. *Lijst emissiefactoren.* [Online]
Available at: https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/
[Geopend 2018].
Crown van Gelder, 2018. *Homepage Crown van Gelder.* [Online]
Available at: https://www.cvg.nl/nl
[Geopend 2018].
DNV.GL, 2017. *Verkenning waterstofinfrastructuur,* Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
DWA; SME Advies, 2015. *Milieubeleidsplan gemeente Beverwijk 2015-2020,* Beverwijk: Omgevingsdienst IJmond.
ECN, 2015. *De ruimtelijke effecten van de energietransitie in Noord-Holland,* Petten: ECN.
ECN, 2016. *Perspectieven op een volledig hernieuwbare energievoorziening in Noord-Holland,* Petten: ECN.
ECN, 2017a. *Staat van de energietransitie Noord-Holland,* Peten: Energy research Centre of the Netherlands (ECN).
ECN, 2017b. *Nulmeting energiebesparing industrie : Energiebesparingspotentieel bij industrie waarvoor de provincie Noord-Holland het bevoegd gezag is,* Petten: ECN.
Ecofys; Berenschot, 2018. *Chemistry for Climate: Acting on the need for speed Roadmap for the Dutch Chemical Industry towards 2050,* Utrecht: Ecofys.
Ecofys, 2017. *Prefeasibility study CO2 Smart Grid : the potential of carbon capture, transport, usage and storage, final version.* [Online]
Available at: https://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2017-co2-smart-grid-prefeasibility-study.pdf
[Geopend 2018].

Ecorys & BVR, 2017. *Naar een meer circulaire economie in de Metropoolregio Amsterdam : Ruimtelijke impact,* sl: sn
Ecorys, 2018. *Goederenstroomprognoses Havens Noordzeekanaalgebied 2050 : Goederenstromen aan zeezijde en achterland, concept,VERTROUWELIJK,* sl: Ecorys.
EIGA, 2002. *Safety in storage, handling and distribution.* [Online]
Available at:
https://www.eiga.eu/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=2461&token=47cd6f6600cf2720327493b4e44635855af601fe
[Geopend 2018].
Emissieregistratie.nl, 2018. *Zoekpagina : bedrijf op naam, stad of SBI.* [Online]
Available at: http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/facility.aspx
[Geopend 2018].
ENCI, 2015. *Milieu_en_veiligheidsverslag ENCI Rotterdam IJmuiden : Bedrijfsprofiel 2014/2015.* [Online]
Available at: https://www.enci.nl/system/files_force/assets/document/milieu-_en_veiligheidsverslag_enci_rotterdam-ijmuiden_2014-2015.pdf?download=1
[Geopend 2018].
Energy Academy Europe, TNO, ECN, 2016. *SENSEI : Strategies towards an efficient future North Sea energy infrastructure.* [Online]
Available at: https://www.ecn.nl/publications/PdfFetch.aspx?nr=ECN-O--16-053
[Geopend 2018].
Gemeente Amsterdam, 2011. *Structuurvisie Amsterdam 2040 : Economisch sterk en duurzaam,* Amsterdam: Gemeente Amsterdam.
Gemeente Amsterdam, 2016. *Koers 2025 : Ruimte voor de stad, versie april 2016.,* Amsterdam: Gemeente Amsterdam.
Gemeente Amsterdam, 2017a. *Haven-Stad : Transformatie van 12 deelgebieden - Concept Ontwikkelstrategie, 20 juni 2017.,* Amsterdam: Gemeente Amsterdam : Programmabureau Haven-Stad, Ruimte en Duurzaamheid.
Gemeente Amsterdam, 2017b. *Haven-Stad: Concept Ontwikkelstrategie, verkorte versie, 20 juni,* Amsterdam: Gemeente Amsterdam.
Gemeente Velsen; Omgevingsdienst Ijmond; DWA & SME Advies, 2015. *2015,* Velsen: Gemeente Velsen.
Gigler, J. & Weeda, M., 2018. *Contoruen van een routekaart waterstof,* sl: sn
Haven Amsterdam, 2009. *Gebiedsvisie externe veiligheid Westpoort, definitief rapport,* Amsterdam: Haven Amsterdam.
Havenbedrijf Amsterdam, 2015. *Visie 2030 : Port of Amsterdam, Port of partnerships,* Amsterdam: Havenbedrijf Amsterdam.
ICL, 2018. *Bedrijfsbeschrijving ICL Amsterdam : bedrijfsonderdeel Phosphate.* [Online]
Available at: http://www.icl-group.nl/icl-amsterdam-2/
[Geopend 2018].
IF Technology , 2016. *Kamp onderzoekt pilot Ultra Diepe Geothermie (UDG) voor industriële warmte.* [Online]
Available at: http://www.iftechnology.nl/kamp-onderzoekt-pilot-ultra-diepe-geothermie-udg-voor-industri-le-warmte
[Geopend 2018].
Malins, C., 2017. *What role is there for electrofuel technologies in European transport's low carbon future?, ,* sl: Cerulogy.
Marco.broekman; Posad; ECN, 2017. *Ruimtelijke verkenning energietransitie MRA, eindrapportage,* Amsterdam: Metropoolregio Amsterdam (MRA).
Metropoolregio Amsterdam, 2016. *Ruimtelijk-economische Actie-Agenda 2016-2020.,* Amsterdam: MRA Bureau.

Ministerie van EZ, 2016. *Energieagenda : Naar een CO_2-arme energievoorziening.,* Den Haag: Ministerie van Economische Zaken (EZ).
Ministerie van EZK, 2017a. *Resultaten transitiepaden, uitwerking,* Den Haag: Ministerie van Economisache Zaken en Klimaat (EZK).
Ministerie van EZK, 2017b. *Uitwerking Energieagenda : Dwarsdoorsnijdend thema Ruimte, ambtelijke verkenning.,* Den Haag: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK).
MRA & Royal HaskoningDHV, 2018. *Innovatieprogramma Smart Energy Systems Metropool Regio Amsterdam, aanpak,* Amsterdam: Metropool Regio Amsterdam (MRA) Bureau.
NMI bv, 2010. *Inventarisatie Klimaatvriendelijke kunstmest.* [Online]
Available at:
https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Inventarisatie%20klimaatvriendelijke%20kunstmest%20-%20Rapport%20-%20november%202010.pdf
[Geopend 2018].
Nutrient Platform , 2016a. *Succesverhalen: gerecyclede kunstmest uit struviet en assen : Meststoffen op basis van zuiveringsslib-as, beendermeel-as en struviet.* [Online]
Available at: https://www.nutrientplatform.org/succesverhalen/icl-fertilizers/
[Geopend 2018].
Nutrient Platform, 2016b. *Succesverhalen: Fosfaat uit afvalwater Amsterdam : Struvietinstallatie 'Fos Vaatje' in Amsterdam-West.* [Online]
Available at: https://www.nutrientplatform.org/succesverhalen/waternet/
[Geopend 2018].
Oneindig Noord-Holland, 2018. *Crown Van Gelder: van couranten naar papierspecialiteiten.* [Online]
Available at: https://onh.nl/verhaal/crown-van-gelder-van-couranten-naar-papierspecialiteiten
[Geopend 2018].
PBL & ECN, 2017. *Analyse regeerakkoord Rutte-II I: Effecten op klimaat en energie, notitie,* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
PBL, 2018. *De toekomst van de Noordzee : De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie,* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
Petten, 2012. *Factsheet toekomstperspectieven energietransitie : Vraag en aanbod energie 2012 en 2050,* Petten: ECN.
Projectbureau NZKG, 2016. *Uitvoeringsprogramma Noordzeekanaalgebied 2016,* IJmuiden: Projectbureau Noordzeekanaalgebied (NZKG).
Projectbureau NZKG, 2017. *Uitvoeringsprogramma Noordzeekanaalgebied 2017,* IJmuiden: Projectbureau Noordzeekanaalgebied (NZKG).
Provincie Noord-Holland; Gemeente Amsterdam; Omgevingsdienst NZKG; Veiligheidsregio Amsterdam-Amstelland; Havenbedrijf Amsterdam NV, 2014. *Veiligheidscontour Afrika- en Amerikahaven,* Haarlem: Provincie Noord-Holland.
Provincie Noord-Holland, 2016a. *Internationale benchmark Westas, (Deelrapportage voor de Ruimtelijk-Economische Verkenning Westas),* Haarlem: Provincie Noord-Holland.
Provincie Noord-Holland, 2016b. *Beleidsagenda Energietransitie 2016 – 2020,* Haarlem: Provincie Noord-Holland, Directie Beleid, Sector Milieu.
Provincie Noord-Holland, 2016c. *Landschap Noordzeekanaalgebied: Kijkwijzer.,* Haarlem: Provincie Noord-Holland.
Provincie Noord-Holland, 2017a. *Ruimtelijk-Economische Verkenning; de circulaire Westas : wending naar een nieuwe economie.* [Online]
Available at: https://www.amsterdamlogistics.nl/wp-content/uploads/2017/07/01-Westas-rapport-28juni2017.pdf
[Geopend 2018].
Provincie Noord-Holland, 2017c. *Structuurvisie Noord-Holland 2040 : Kwaliteit door veelzijdigheid,* Haarlem: Provincie Noord-Holland.
Provincie Noord-Holland, 2017d. *Koers NH2050 : Balans tussen economische groei en Leefbaarheid,* Haarlem: Provincie Noord-Holland.

Provincie Noord-Holland, 2018a. *Energie Infrastructuur Energie Labs : november 2017- maart 2018,* Haarlem: Provincie Noord-Holland.
Provincie Noord-Holland, 2018b. *Uitvoeringsparagraaf 2018 : Bij Beleidsagenda Energietransitie 2016-2020,* Haarlem: Provincie Noord-Holland.
Quintel Intelligence, 2016. *Industrie in Transitie: een visie op de toekomstige energie- en grondstofvraag van de energie-intensieve industrie in Nederland vanuit inconsistenties in het huidige denken,* Amsterdam: Quintel Intelligence B.V..
Quintel Intelligence, 2017. *Havenbedrijf Amsterdam als drijvende kracht achter de energietransitie van de haven en haar omgeving, presentatie,* Amsterdam: Quintel Intelligence B.V..
Quispel, M., 2017. *LNG in de scheepvaart, presentatie, Nationaal LNG Platform, IJmuiden, 1 november 2017,* sl: Deltalinqs.
Rijksoverheid, 2018. *Emissieregistratie : Bedrijfsrapport.* [Online]
Available at: http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/facility.aspx
[Geopend 2018].
RUIMTEVOLK; Posad; H+N+S; FABRICations; Studio Marco Vermeulen; NRG Lab, 2018. *Ruimtelijke Verkenning Energie en Klimaat,* Utrecht: RUIMTEVOLK.
Solids Processing , 2013. *ICL Fertilizers produceert 550.000 ton fosfaatkunstmest per jaar in Amsterdam : Voortdurende optimalisering van een honderd jaar oud proces.* [Online]
Available at: http://www.solidsprocessing.nl/artikel/2013/SP2013-5p12.pdf
[Geopend 2018].
Solids Processing, 2014. *Albemarle Amsterdam maakt poeders en cilinders voor olieraffinage : Katalysatorproductie is kennis- en kapitaalintensief proces.* [Online]
Available at: http://www.solidsprocessing.nl/artikel/2014/SP2014-5p28.pdf
[Geopend 2018].
STOWA, 2014. *CO2-Winning op RWZI'S,* Amersfoort: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).
Stratix, 2018. *Toekomstbeelden datacentra in de Metropoolregio Amsterdam, versie 1.0.,* Hiversum: Stratix BV.
Stuurgroep Visie NZKG , 2013. *Visie Noordzeekanaalgebied 2040 : Duurzame ontwikkeling van een economische motor,* sl: Stuurgroep Visie Noordzeekanaalgebied.
Tata Steel, 2016. *Sustainability Report Tata Steel in the Netherlands 2015/2016,* IJmuiden: Tata Steel Nederland B.V..
Van den Dobbelsteen, A., 2018. *Roadmap Amsterdam : Energietransitieroutekaart naar Parijs, presentatie, 15 maart, Pakhuis De Zwijger, Amsterdam,* Amsterdam: sn
Vopak, 2011. *Vopak opens new storage terminal for oil products in the Port of Amsterdam.* [Online]
Available at: https://www.vopak.com/newsroom/news/vopak-opens-new-storage-terminal-oil-products-port-amsterdam
[Geopend 2018].
Voskuilen, T. & Bremer, R., 2016. *Grand Design Warmte Metropoolregio Amsterdam.* [Online]
Available at: https://onepager.totalactivemedia.nl/wp-content/uploads/sites/17/2016/07/0003aerapportwarmteenkoude-160615155629.pdf
[Geopend 2018].
VVD Noord-Holland, 2017. *Papier en winst: bezoek aan Crown van Gelder.* [Online]
Available at: https://noordholland.vvd.nl/nieuws/24234/papier-en-winst-bezoek-aan-crown-van-gelder
[Geopend 2018].
VVD; CDA; D66; ChristenUnie, 2017. *Vertrouwen in de toekomst: Regeerakkoord 2017 – 2021,* Den Haag: VVD; CDA; D66; ChristenUnie.
Weeda, M., 2017. *Waterstof in de scheepvaart : Status en overzicht, presentatie, ECN, IJmuiden, 1 november 2017,* Petten: ECN.
Weide, H. v. d., 2017. *Informatiebijeenkomst schone scheepvaart, presentatie, haven Amsterdam, 1 november ,* sl: Port of Amsterdam.

A Overzicht interviews en werkateliers

In de loop van het project is met vele personen overlegd en afgestemd. Eerst in de vorm van enkele diepte-interviews in de eerste analysefase van het project. Vervolgens in een vijftal werkateliers. Daarnaast zijn er reguliere bijeenkomsten geweest met een grote werkgroep met daarin (onder andere) vertegenwoordigers van de leden van het Bestuursplatform, en vele voortgangsgesprekken en ad hoc overleggen met de opdrachtgever en met stakeholders.

A.1 Interviews

Tabel 3 - Afgenomen interviews in analysefase

Datum	Organisatie	Geïnterviewden
27 maart 2018	Gemeente Zaanstad	Jan Schreuder, Susanne Meyer en Paul Bakkum
3 april 2018	Shell	Ewald Breunesse
9 april 2018	TenneT	Peter Kwakman, Chantal ter Braak en Gert van der Lee
10 april 2018	Havenbedrijf Amsterdam	Eduard de Visser en Floris van Foreest
12 april 2018	Tata Steel	Roger Steens en Cock Pietersen

A.2 Werkgroep

In de begeleidende werkgroep hadden vertegenwoordigers van de volgende organisaties zitting:
- Amsterdam Economic Board;
- Gemeente Amsterdam;
- Gemeente Beverwijk;
- Gemeente Haarlemmerliede en Spaarnwoude;
- Gemeente Velsen;
- Gemeente Zaanstad;
- Havenbedrijf Amsterdam;
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat;
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu;
- Omgevingsdienst IJmond;
- ORAM;
- Projectbureau Noordzeekanaalgebied;
- Provincie Noord-Holland;
- Rijkswaterstaat;
- Tata Steel;
- Zeehaven IJmuiden.

A.3 Werkateliers

Tabel 4 - Overzicht werkateliers

Datum	Werkatelier
25 april 2018	Industrie
15 mei 2018	Goederentransport
17 mei 2018	Impacts of energie-infrastructuur
22 mei 2018	Ruimtelijke verkenning
14 juni 2018	Overkoepelend werkatelier en regionale economische impacts

Tabel 5 - Overzicht deelnemers werkateliers (op alfabetische volgorde van voornaam)

Naam	Organisatie	Werkatelier				
		Industrie	Goederen-transport	Impacts op energie-infra-structuur	Ruimtelijke verkenning	Overkoepelend en regionale economische impacts
Ad Schoof	Ministerie EZK	X			X	X
Anneke Been	Projectbureau Noordzeekanaalgebied	X	X	X	X	X
Annelies Soede	Gemeente Amsterdam		X		X	
Anouk van Grinsven	CE Delft		X			X
Aukje Coers	Cornelis Vrolijk		X			
Bart Witteman	Provincie Noord-Holland				X	
Bert Dijkema	PPG verffabriek		X			
Bob de Boer	HHNK	X				
Bram van Beek	Gemeente Amsterdam					X
Bregje Smulders	Forbo	X				
Cars Hiemstra	Albemarle	X				
Cor Leguijt	CE Delft	X	X	X	X	X
Daan van Iersel	Cargill	X				
Damir Dulovic	Gemeente Zaanstad	X				
Edwin Oskam	MRA				X	
Eelco den Boer	CE Delft		X			
Elien Wierenga	Ministerie BZK				X	
Erik Zigterman	INFINERGY Ltd/Windpark Ferrum			X		
Floris van Foreest	Havenbedrijf Amsterdam			X	X	X
Frans Rooijers	CE Delft	X	X	X	X	X
Geert Haenen	Provincie Noord-Holland	X	X	X	X	X
Gert Prins	Bunge	X				
Gert van der Lee	Tennet			X		X
Gerwin Elzinga	Linde Gas	X				
Giulietta Cohen	ORAM	X				X
Hans Hilbers	PBL		X			
Hans Meijer	ICL Fertilizers	X				
Harco Groen	Damen	X				
Harry Croezen	CE Delft	X				
Huub Hendriks	Alliander			X		

Naam	Organisatie	Werkatelier				
		Industrie	Goederen-transport	Impacts op energie-infra-structuur	Ruimtelijke verkenning	Overkoepelend en regionale economische impacts
Jaklien van Middelaar	Rijkswaterstaat				X	
Jan de Waal	Gemeente Beverwijk					X
Jan Karsten	Kloosterboer	X				
Jan Schreuder	Gemeente Zaanstad				X	
Jan Smit	Tate & Lyle	X				X
Jan Willem Reuchlin	Havenbedrijf Amsterdam	X	X			
Jankees Salverda	Projectbureau Noordzeekanaalgebied	X	X	X	X	
Johan Last	Albemarle	X				
Joost Cornelissen	Eggerding	X				
Joost van der Waal	Studio Marco Vermeulen				X	X
Judith Vlot	Ministerie van IenW				X	X
Juliane Kürschner	Gemeente Amsterdam					X
Lars de Vrij	Havenbedrijf Amsterdam				X	
Marcus Sloog	OD IJmond				X	
Martijn Blom	CE Delft					X
Martin Huizinga	Cargill	X				
Miklas Dronkers	Crown van Gelder	X				
Paul van de Lande	TNO/A'dam consultants		X			
Peter Simoës	AEB	X		X		
Peter van Terwisga	Damen	X				
Rebecca Beemster	Waternet	X				
Reinier van der Veen	CE Delft	X		X		
René Hekkens	Tata Steel			X		X
Rene Hogeveen	HVC			X		
Rob Laurensse	Ahold		X			
Roger Steens	Tata Steel	X				
Ruud Sombroek	Tate & Lyle	X				X
Saskia Hoogstraten	Gemeente Amsterdam				X	
Sebastiaan Hers	CE Delft			X		
Silke Nieuwenhuis	Nuon			X		
Solvej Schenk	Rietlanden	X				
Thijs de Vries	Gasunie			X		
Tim van Rooijen	OD IJmond	X				
Vera van Vuuren	Omgevingsdienst IJmond			X		
Vera van Vuuren	OD IJmond					X
Yolande Koot	Provincie Noord-Holland			X		

B Verkenning klimaatneutraliteit NZKG-industrie

B.1 Analyse-opzet

In deze bijlage staan de resultaten van de uitgevoerde analyse van de technische potentie van verschillende mogelijkheden voor de NZKG-industrie naar een klimaatneutrale industrie in 2050. Deze mogelijkheden gaan over verduurzaming van het huidig industrieel aardgasgebruik. *Technische potentie* definiëren we als de fysieke mogelijkheid van overschakeling van aardgasgebruik van NZKG-bedrijven op duurzame warmtevoorzieningsmogelijkheden, kijkend naar de mogelijkheid van overschakeling van bedrijfsprocessen, en de benodigde en beschikbare capaciteit van infrastructuur. Hierbij bestuderen we ook de ruimtelijke impact van de aanleg en/of uitbreiding van de infrastructuur in het NZKG, en de tijdspanne waarin de ontwikkelrichtingen kunnen worden geïmplementeerd.

Mogelijkheden voor de industrie voor klimaatneutrale energievoorziening

De ontwikkelmogelijkheden zijn alternatieve, duurzame warmtevoorzieningsopties voor de industrie, en staan voor de hoeken van het speelveld. De analyse van de verschillende ontwikkelrichtingen creëert daarmee een beeld van de reikwijdte van de potentie en effecten van de energietransitie voor de NZKG-industrie. In werkelijkheid zullen verschillende keuzes van bedrijven en gemeenten zeer waarschijnlijk tot een combinatie van technologische systemen leiden.
De ontwikkelrichtingen die we in de analyses meenemen zijn:

- ***Carbon capture, utilisation and storage (CCUS):*** Bedrijven blijven aardgas[18] gebruiken, en investeren in een CO_2-afvanginstallatie. De CO_2 wordt in een regionaal CO_2-net gevoerd.
- ***Waterstof:*** Waterstof wordt via het bestaande (maar omgebouwde) aardgasnet naar de NZKG-bedrijven getransporteerd, en daar omgezet in warmte, in aangepaste of nieuwe ketels. Dit kan 'blauwe waterstof' zijn (geproduceerd uit aardgas, met opslag van CO_2), of 'groene waterstof' (geproduceerd uit windenergie, zonne-energie of biomassa). Zie ook Bijlage D.
- ***Geothermie:*** De NZKG-bedrijven worden aangesloten op een warmtenet, dat van aardwarmte wordt voorzien afkomstig uit nieuw aangeboorde geothermieputten in de regio.
- ***Elektriciteit:*** De NZKG-bedrijven elektrificeren hun aardgasgebruik, dat wil zeggen ze zetten elektriciteit om in warmte met behulp van een Power-to-Heat-systeem.

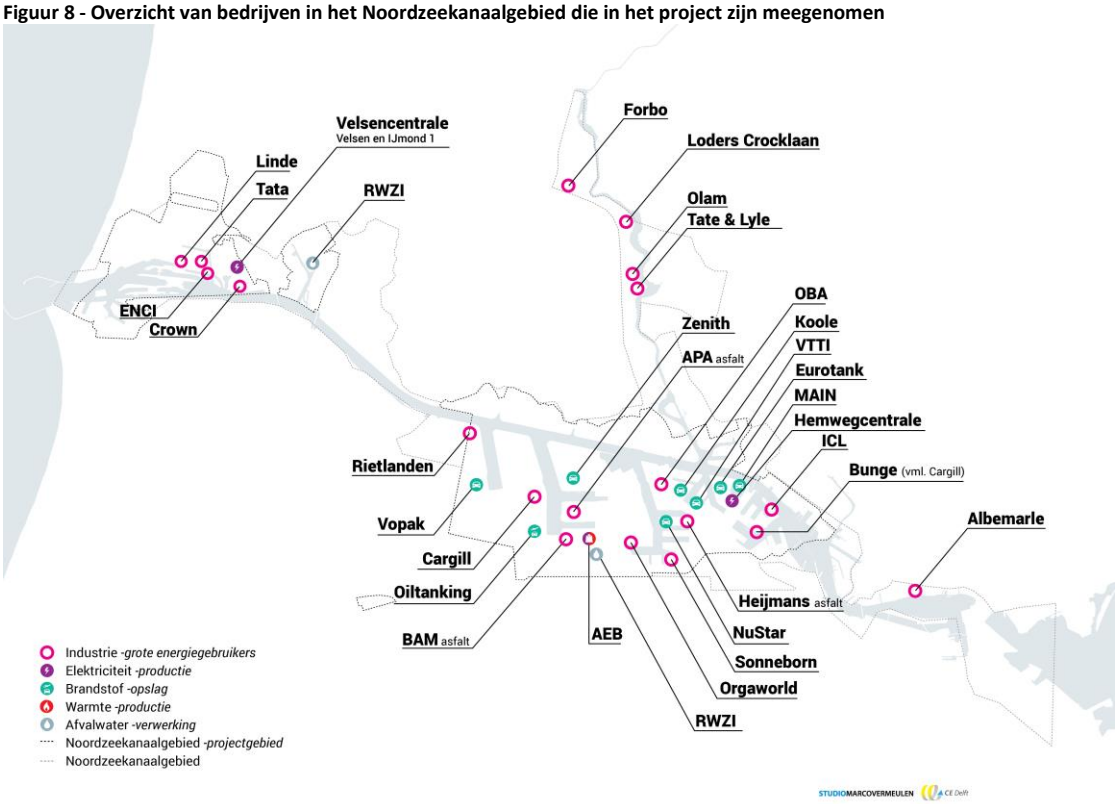
Gebruik van groengas of biomassa (bijv. houtsnippers of pellets) als alternatief voor aardgas is niet meegenomen in de analyses. Biomassastook kan voor sommige individuele bedrijven wel een mogelijke oplossing zijn. Biomassaopslag en –conversie neemt echter relatief veel ruimte in beslag en zal voor de meeste bedrijven naar verwachting geen optie zijn. Bijmenging van een *klein deel* groengas bij aardgas is voor klimaatneutraliteit geen optie omdat er dan nog steeds fossiele CO_2 vrijkomt. Voor gehele vergroening met groengas van het totale aardgasgebruik is er niet genoeg biomassa beschikbaar.

[18] Dit gaat om hoogcalorisch aardgas, dat niet uit 'Groningen' afkomstig is.

De bedrijven in het NZKG

De bedrijven die we in de analyse hebben meegenomen zijn de bedrijven in het NZKG met een groot aardgasgebruik, zie Figuur 8. Gezamenlijk zijn deze bedrijven verantwoordelijk voor het overgrote deel van het industrieel aardgasgebruik in het Noordzeekanaalgebied. De elektriciteitscentrales op aardgas worden niet meegenomen in de analyse, omdat deze zich toespitst op warmtegebruik in de proces-industrie. Een uitzondering hierop is de analyse bij waterstof, waarbij ook een ruwe inschatting is gemaakt van de potentiële toekomstige vraag naar waterstof door de elektriciteitscentrales in het NZKG.

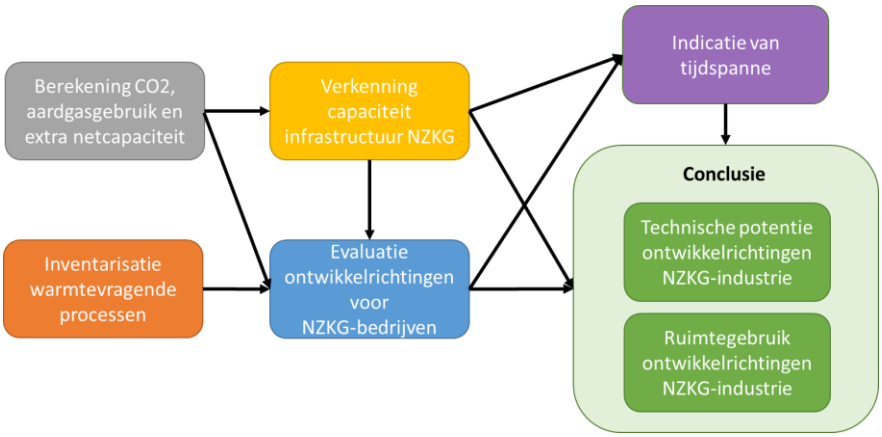
Figuur 8 - Overzicht van bedrijven in het Noordzeekanaalgebied die in het project zijn meegenomen



Aanpak van de analyses

De aanpak van de analyse van ontwikkelrichtingen voor de industrie in het NZKG wordt geïllustreerd in Figuur 9. De eerste analysestap bestaat uit een inventarisatie van de geschiktheid van ontwikkel-richtingen voor verschillende warmtevragende processen die in de NZKG-industrie voorkomen, waaruit naar voren komt of ontwikkelrichtingen technisch haalbaar zijn gegeven de bedrijfsprocessen (Bijlage B.2). In de tweede stap berekenen we het aardgasgebruik van de individuele bedrijven op basis van de CO_2-uitstoot, en vervolgens de extra netcapaciteit die nodig is bij elektrificatie (Bijlage B.3). Vervolgens verkennen we de hoeveelheid capaciteit aan energie- en CO_2-infrastructuur die nodig is in de verschillende ontwikkelrichtingen, op regioniveau (Bijlage B.3). De voorgaande stappen vormen een input voor de evaluatie van de technische potentie van ontwikkelrichtingen voor de individuele bedrijven (Bijlage B.4). Daarna wordt een indicatie gegeven van de tijdspanne van verschillende ontwikkelrichtingen (Bijlage B.5). Dit alles mondt uit in een conclusie over de technische potentie en het ruimtegebruik van de ontwikkelrichtingen voor het Noordzeekanaalgebied (Bijlage B.6).

Figuur 9 - Analyse-aanpak ontwikkelrichtingen voor de NZKG-industrie



B.2 Inventarisatie warmtevragende industriële processen in NZKG

Om te beoordelen of de industriële processen van de NZKG-bedrijven kunnen overschakelen op de energiebronnen en -technologieën behorend bij de verschillende ontwikkelrichtingen zijn de proces-schema's van de individuele bedrijven bestudeerd (Albemarle, 2011; APA, 2018; Cargill, 2010; ECN, 2017; Ecofys, 2018; ENCI, 2015; ICL Amsterdam, 2018; NMI, 2010; Nutrient platform, 2016a, 2016b; Oneindig Noord-Holland, 2018; Solids Processing, 2013, 2014; STOWA, 2014; Tata Steel, 2016; Vopak, 2011; VVD Noord-Holland, 2017; website Crown Van Gelder, 2018). De volgende warmtevragende processen komen voor in de NZKG-industrie:

- calcineren;
- destilleren;
- drogen met hete lucht;
- drogen met warm oppervlak;
- granuleren met toevoeging van stoom;
- hoogovenprocessen;
- roosteren;
- toasten;
- verdampen;
- warm houden.

Voor bijna al deze processen is een temperatuur nodig die lager is dan 200°C. De uitzonderingen zijn calcineren, wat een temperatuur behoeft van 500-600°C, en hoogovenprocessen, die plaatsvinden bij temperaturen boven de 1.000°C. Calcineren vindt plaats bij Albemarle; hoogovenprocessen bij Tata.

Deze temperaturen kunnen we afzetten tegen de temperaturen die kunnen worden gegenereerd per ontwikkelrichting. Met ultradiepe geothermie kan een temperatuur van 200 °C bereikt worden (op 6 km diepte). Voor betreft elektriciteit hangt de temperatuur af van de Power-to-Heat-technologie die wordt gebruikt. Met hogetemperatuurwarmtepompen kan momenteel 130°C bereikt worden (Berenschot, 2017), terwijl een elektrodenboiler de 260°C kan bereiken (CE Delft, 2015). We kunnen dus afleiden dat elektriciteit en geothermie mogelijke ontwikkelrichtingen zijn voor alle bedrijven behalve Albemarle en Tata Steel (vanuit het perspectief van de bedrijfsprocessen).

Voor waterstof geldt dat ze bij verbranding even hoge temperaturen kunnen genereren als aardgas. Deze ontwikkelrichting is daarmee ook geschikt voor Albemarle om klimaatneutraal te worden. Tata Steel gebruikt cokes als reductiemiddel, waarbij een deel van de koolstof vrijkomt in het hoogovengas in de vorm van koolmonoxide (CO) en een deel als CO_2. Hoewel nieuwe processen met waterstof als

reductiemiddel onderzocht worden, wordt dit niet gezien als haalbare kaart is voor de soorten erts en staalkwaliteit van Tata Steel vóór 2040-2050. Voor Tata concluderen we daarom dat CCUS de enige geschikte ontwikkelrichting is om klimaatneutraal te worden. Bij alle andere bedrijven zou CCUS ook kunnen worden toegepast, daar afvang van productiegassen en scheiding en zuivering van CO_2 technisch altijd wel mogelijk is.

B.3 Berekening van aardgasgebruik en benodigde extra netcapaciteit

Voor de analyse van de benodigde infrastructuurcapaciteit bij de verschillende ontwikkelrichtingen hebben we een inschatting nodig van het huidige CO_2-gebruik en aardgasgebruik van NZKG-bedrijven. Het precieze aardgasgebruik is van de bedrijven niet bekend uit openbare bronnen. Voor de meeste bedrijven (incl. de grootste) is de CO_2-uitstoot van een recent jaar bekend uit openbare bronnen (Emissieregistratie, 2018; EU ETS, 2015; Tata Steel, 2016), zie Tabel 6. Op basis van de CO_2-uitstoot hebben we het jaarlijks aardgasgebruik van deze bedrijven ingeschat, gebruik makend van een aanname over het aandeel van de uitstoot dat veroorzaakt wordt door aardgasverbranding voor de warmtevoorziening, en een uitstootwaarde van 1,79 kg CO_2 per Nm^3 aardgas [19]. Tot slot hebben we de extra netcapaciteit ingeschat die nodig zal zijn bij elektrificatie van de warmtevoorziening[20], op basis van het aardgasgebruik, een aanname van het aantal vollasturen dat ieder bedrijf draait door het jaar heen, en een onderste verbrandingswaarde van aardgas van 31,65 MJ/m^3. Tabel 6 vat dit alles samen. In sectie B.3 worden de totaalcijfers gebruikt om uitspraken te doen over de benodigde infrastructuurcapaciteit in de regio.

Tabel 6 - CO_2-uitstoot, berekend aardgasgebruik (excl. Tata Steel) en benodigde netcapaciteit van NZKG-bedrijven

Bedrijf/installatie	Product	CO_2 (ton/jaar)	CO_2-uitstoot door aardgas-verbranding	Ingeschat aardgas-gebruik (Nm^3/jaar)	Vollast-uren (uren /jaar)	Extra netcapaciteit elektrificatie (kW)
Tata Steel	Staal	6.225.000			8.000	n.v.t.
Crown Van Gelder[21]	Papier	145.924	100%	81.521.788	8.000	89.589
Tate & Lyle	Zetmeel, glucose, vezels	73.067	100%	40.819.553	8.000	44.859
Albemarle Catalysts Company	Katalysatoren	67.603	100%	37.767.039	8.000	n.v.t.
Bunge Sojafabrieken Amsterdam	Sojameel, soja-olie	56.562	100%	31.598.883	8.000	34.726
Bunge Multiseed Amsterdam	Gebroken sojabonen	28.845	100%	16.114.525	8.000	17.709
Olam - Koog a/d Zaan	Cacao	27.442	100%	15.330.726	8.000	16.848
Loders Croklaan	Plantaardige olie	18.582	100%	10.381.006	8.000	11.408
Sonneborn Refined Products	Oliën en wassen	15.719	100%	8.781.564	8.000	9.651

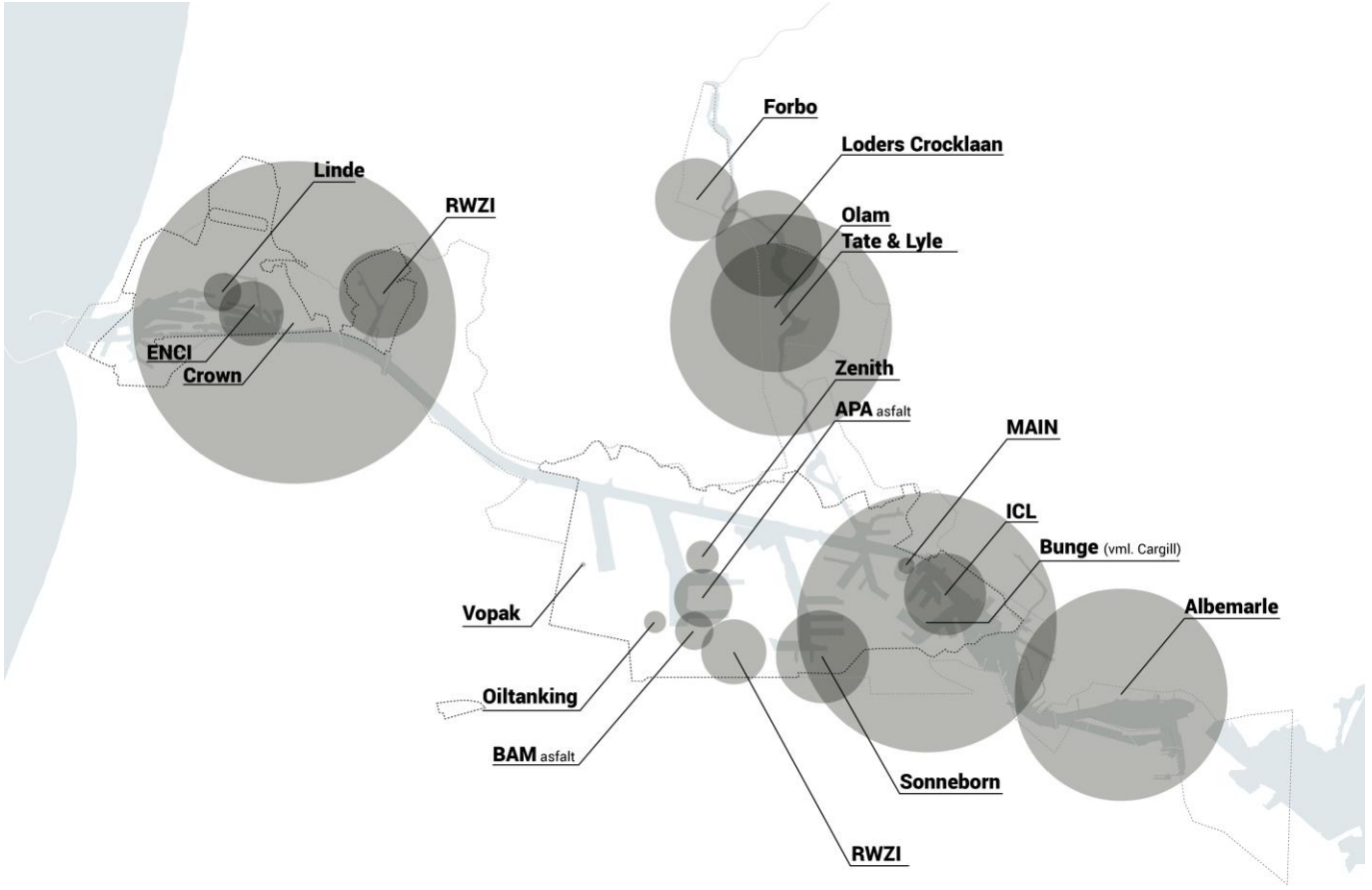
[19] Deze waarde is afkomstig van Lijst emissiefactoren

[20] Tata Steel en Albemarle kunnen hun processen niet elektrificeren, zie Bijlage B.2.

[21] Crown van Gelder heeft een aansluiting op het hoogcalorisch-aardgasnet. Hoogcalorisch gas heeft een hogere energie-inhoud dan Groningen-gas. In de analyse is de lagere verbrandingswaarde gebruikt, waardoor de extra benodigde netcapaciteit licht is onderschat voor dit bedrijf.

Bedrijf/installatie	Product	CO_2 (ton/jaar)	CO_2-uitstoot door aardgas-verbranding	Ingeschat aardgas-gebruik (Nm^3/jaar)	Vollast-uren (uren /jaar)	Extra netcapaciteit elektrificatie (kW)
RWZI Beverwijk	Gezuiverd afvalwater	28.770	50%	8.036.313	4.000	17.663
Forbo	Lijmen, linoleum/ marmoleum	12.967	100%	7.244.134	8.000	7.961
ICL Fertilizers Europe CV	Fosfaat-kunstmest	12.800	100%	7.150.838	8.000	7.858
RWZI Amsterdam-West	Gezuiverd afvalwater	17.170	50%	4.796.089	4.000	10.541
ENCI B.V	Hoogoven-cement	8.473	100%	4.733.520	8.000	5.202
Asfaltproductie Regio Amsterdam (APA)	Asfalt	7.146	100%	3.992.179	4.000	8.774
BAM	Asfalt	3.709	100%	2.072.067	4.000	4.554
Linde Gas	Gassen uit lucht	3.620	100%	2.022.346	8.000	2.222
Zenith Energy	Opslag	5.753	50%	1.606.983	8.000	1.766
Oiltanking Amsterdam	Opslag	3.201	50%	894.134	8.000	983
Main	Opslag	2.150	50%	600.559	8.000	660
Vopak Westpoort	Opslag	411	50%	114.804	8.000	126
Totaal		**6.765.000**		**617.333.000**		**293.000**

Figuur 10 - Aardgasgebruik van de industriële bedrijven in het NZKG (excl. Tata Steel); de aanhaallijn met de bedrijfsnaam grijpt aan in het middelpunt van een cirkel. Het oppervlak van elke cirkel geeft het aardgasgebruik per jaar weer.



Oppervlakte cirkels zijn in onderlinge kwantitatieve verhouding.

STUDIOMARCOVERMEULEN CE Delft

Verkenning capaciteit infrastructuur NZKG

In deze sectie verkennen we hoe groot de capaciteit van de infrastructuur moet zijn bij elk van de ontwikkelrichtingen, dat wil zeggen wanneer alle grote NZKG-bedrijven op dezelfde duurzame warmteoptie zouden overstappen. Dit geeft een bovengrens van de werkelijke situatie voor elke infrastructuur aangezien verschillende bedrijven verschillende keuzes kunnen maken, inclusief mixvarianten zoals hybride boilers.

CO_2-net voor Carbon capture, utilisation and storage (CCUS)

Tata Steel neemt meer dan de helft van het aardgasgebruik voor zijn rekening in het NZKG, en het overgrote deel van de regionale CO_2-uitstoot (mede afkomstig van het gebruik van kolen in het ijzer- en staalproductieproces): 6,2 Mton CO_2 wordt jaarlijks geëmitteerd door Tata, terwijl de rest van de meegenomen NZKG-bedrijven bij elkaar 0,54 Mton per jaar uitstoten[22] (zie Tabel 6). De totale industriële CO_2-uitstoot in de regio is dus circa 6,8 Mton per jaar. Dit is twee tot drie keer zo veel als de capaciteit van de OCAP-pijplijn, momenteel de grootste CO_2-pijplijn van Nederland, tussen het Rotterdamse havengebied en de glastuinbouw in het Westland (Ecofys, 2017). Daarnaast is er nog de 1,7 Mton per jaar CO_2-emissie van AEB.

Er zal een regionaal, wijdvertakt CO_2-netwerk nodig zijn om de bij de NZKG-bedrijven afgevangen CO_2 te transporteren naar CO_2-gebruikers en opslaglocaties. CO_2-opslagruimte zal in de bodem van de Noordzee gaan worden gerealiseerd, bijv. in een leeg gasveld. Het ligt voor de hand om de CO_2-uitstoot van Tata Steel, dat in IJmuiden is gesitueerd, direct naar deze opslaglocatie te leiden.

De mogelijke ligging van een CO_2-net in het NZKG, met aansluiting van Tata Steel en AEB, een aansluiting op de bestaande OCAP-pijplijn, en een afvoermogelijkheid naar lege aardgasvelden onder de Noordzee, is grafisch schematisch weergegeven in Figuur 11.

Waterstof als vervanging van huidig aardgasgebruik

Het huidige hogedruk-aardgasnet is geschikt voor het transport van 100% waterstof. Bij omschakeling naar 100% waterstof zal ongeveer evenveel energie kun kunnen getransporteerd als bij 100% aardgas[23]. Afhankelijk van het materiaal en de technische staat kan het nodig zijn om delen van het gasdistributienet te vervangen, zoals compressoren (DNV.GL, 2017). Hoewel er geen nieuw netwerk hoeft te worden aangelegd, moet er wel waterstofproductiecapaciteit worden gebouwd. Op de kortere termijn zou ‘blauwe waterstof’ kunnen worden geproduceerd, d.w.z. productie uit aardgas waarbij de CO_2 wordt afgevangen en opgeslagen. Op de langere termijn kan elektriciteit uit wind- en zonne-energie worden omgezet in ‘groene waterstof’ met elektrolysers. Import (uit bijvoorbeeld het Middellandse Zee gebied) is ook een toekomstige mogelijkheid. De energie van de windparken op de Noordzee (die aan land komt in het NZKG) zou al op zee in groene waterstof kunnen worden omgezet, en via aardgaspijpleidingen worden getransporteerd, wat dure uitbreidingen van het elektriciteitsnet

---

[22] Van sommige NZKG-bedrijven is geen CO_2-uitstootwaarde gevonden, waaronder de vestiging van Olam in Wormer, meerdere op- en overslagbedrijven, Orgaworld en Heijmans. We verwachten echter dat som van de uitstoot van alle grote bedrijven minus Tata Steel niet veel hoger zal zijn dan 0,54 Mton, en in ieder geval onder de 1 Mton zal liggen.

[23] Hoewel de energie-inhoud per volume van waterstof drie keer zo laag is als die van aardgas, kan bij dezelfde drukval drie keer zo veel waterstof worden transporteerd door hetzelfde pijpleidingnetwerk (DNV.GL, 2017).

bespaart, en bijdraagt aan de balanshandhaving van elektriciteitsvraag en –aanbod (Energy Academy Europe, 2016).
Omdat het aardgasnet dezelfde energiehoeveelheden in de vorm van waterstof kan transporteren naar de NZKG-bedrijven is er geen extra transportcapaciteit nodig[24]. Wel zullen bedrijven hun aardgas-gestookte ketels moeten aanpassen of vervangen. Het is mogelijk om het aardgasnet geleidelijk in een waterstofnet om te zetten, omdat het aardgastransportnetwerk parallel is uitgelegd met meerdere pijpen per verbinding, en er bovendien zowel leidingen met hoogcalorisch als laagcalorisch aardgas door de NZKG-regio lopen. Het laagcalorisch gas is afkomstig uit het Groningse aardgasveld. Daar de Nederlandse overheid heeft besloten om de aardgaswinning te stoppen, kunnen de transport-leidingen voor het Groningen-gas voor waterstof gebruikt gaan worden, voor levering aan de NZKG-bedrijven. Sonneborn, ICL, Bunge (raffinaderij) en Albemarle hebben een eigen gasontvangststation, waardoor de levering van waterstof aan deze bedrijven sneller zou kunnen worden gerealiseerd omdat het organisatorisch gemakkelijker is.

De totale benodigde hoeveelheid waterstof voor voorziening van de warmtebehoefte van de meegenomen NZKG-bedrijven minus Tata (waarvoor zoals gezegd omschakeling naar waterstof nu nog niet mogelijk is) is ca. 9 PJ/jaar, gelijk aan de energiehoeveelheid van het huidige aardgasgebruik bij deze bedrijven.

De elektriciteitscentrales in het NZKG zullen in een klimaatneutrale toekomst klimaatneutrale waterstof kunnen omzetten in elektriciteit, en daarmee ook een nuttige functie kunnen vervullen in de balanshandhaving van elektriciteitsvraag en -aanbod. Momenteel wordt cokesovengas en hoogovengas van Tata Steel gebruikt als brandstof in de centrales van IJmond1 en de beide Velsen-eenheden (ECN, 2017a) maar als dit gas in de toekomst voor andere doeleinden zal worden aangewend, kunnen ook deze centrales in principe overstappen op waterstof. Mogelijk worden de Velsen-centrales gesloten, daarover zijn echter nog geen besluiten genomen. De kolengestookte Hemweg 8-centrale zal worden gesloten per 2025. Nuon heeft aangekondigd dat de gasgestookte Hemweg 9-centrale na 2030 zal worden omgebouwd naar waterstof als brandstof. In totaal zou ca. 1,4 GW_e aan productiecapaciteit op waterstof kunnen overgaan (na 2030). Deze centrales zullen in de toekomst alleen draaien als er een tekort is aan wind- en zonne-energie, dus de benodigde hoeveel-heid waterstof is kleiner dan deze 1,4 GW aan opgesteld vermogen doet vermoeden. Als indicatie voor het toekomstig waterstofgebruik van de centrales kan 13,4 PJ/jr worden aangehouden[25].

Bij grootschalige ontwikkeling van waterstofproductie- en levering zal waterstofopslag vooral in lege zoutcavernes en gasvelden gaan plaatsvinden, wat geen extra ruimtebeslag oplevert voor het NZKG. Eventuele bovengrondse opslag, bijvoorbeeld ten behoeve van synfuelproductie, is een andere situatie. Vloeibare waterstofopslag vergt een externe veiligheidsafstand tot 20 meter (60 meter voor publieke vestigingen) (EIGA, 2002). Voor aardgasleidingen die 100% waterstof transporteren is uit onderzoek naar voren gekomen dat de risicocountour (met een hoogte van 10^{-6} individueel overlijdensrisico per jaar) lager ligt dan die van 100% aardgas: op circa 250 meter, t.o.v. circa 380 meter voor aardgas (DNV.GL, 2017). DNV GL concludeert in haar onderzoek over waterstoftransport dat de externe veiligheid niet significant verandert wanneer het Nederlandse aardgasnet wordt gebruikt voor waterstoftransport (DNV.GL, 2017).

In Figuur 13 is de ontwikkeling op het gebied van gas/waterstofinfrastructuur in het gebied gevisualiseerd op een schematische kaartondergrond.

---

[24] De energie-efficiëntie van de omzetting van waterstof naar warmte is vergelijkbaar met die van aardgas.

[25] Deze (ruwe) berekening is gebaseerd op: Hemweg 9 (435 MW) en Velsen 25 (de nieuwste van de twee, 375 MW), met 1.840 vollasturen per jaar (op basis van analyses energiesysteem in Net voor de Toekomst, CE Delft, 2017), en een centralerendement van 40%. De waterstofvraag Hemweg 9-centrale is met die aannames dan 7,2 PJ/jr, van de Velsen 25-centrale 6,2 PJ/jr.

Geothermie als vervanging van huidig aardgasgebruik

Ultradiepe geothermie omvat warmtebronnen op een diepte tussen de 4 en 10 km. In de ondergrond van Nederland neemt de temperatuur in de ondergrond toe met ongeveer 30°C per km. Bij een gemiddelde buitentemperatuur van 10°C is de bodemtemperatuur ca. 130°C op 4 km diepte en 190°C op 6 kilometer diepte (IF Technology , 2016). Niet alle bodemgebieden zijn even geschikt, bijv. doordat de bodem niet waterdoorlatend is, of het water te zout is. Papierfabriek Parenco is een voorloper op het gebied van geothermie. Verder heeft een tuindersbedrijf in Heemskerk een succesvolle geothermieput gerealiseerd in een gebied dat door TNO was aangemerkt als een gebied met nog onbekende potentie voor geothermie.

Het is nog onzeker of (ultra-)diepe geothermie in het NZKG tot de geofysische mogelijkheden hoort. Dit wordt op moment van schrijven van dit rapport onderzocht, en de uitkomsten worden verwacht in 2020. Om aardwarmte te kunnen leveren aan de NZKG-industrie moeten aardwarmtebronnen en bedrijven worden gekoppeld aan een gezamenlijk warmtenet. Voor sommige NZKG-bedrijven is de temperatuur van de aardwarmte niet hoog genoeg; dit geldt voor Albemarle, ICL, Sonneborn, en Tata Steel.

Om de resterende bedrijven te kunnen voorzien zou er in totaal 7,3 PJ per jaar aan aardwarmte moeten worden geproduceerd[26]. Uitgaande van de individuele bedrijfsvollasturen zoals weergegeven in Tabel 6 gaat dit om 990 GJ/uur. In de Metropoolregio Amsterdam (MRA) waren in 2016 bijna 170.000 woningequivalenten[27] aangesloten op warmtenetten (MRA, 2016). De 990 GJ/uur komt neer op ca. 320.000 woningequivalenten, wat bijna twee keer zo hoog is als de huidige warmtelevering in de MRA. De benodigde uitbreiding van de huidige warmtenetten zal uiteraard afhangen van de (nog onbekende) locatie en capaciteit van de aardwarmtebronnen.

Elektriciteit als vervanging van huidig aardgasgebruik

Alle grote NZKG-bedrijven behalve Tata Steel en Albemarle hebben een warmtegebruik dat in principe (qua techniek) kan worden geëlektrificeerd. De som van het *additionele* vermogen van het elektriciteitsdistributienet dat hiervoor nodig is, is ingeschat op 293 MW (zie Tabel 6). In verhouding tot de toekomstige capaciteit aan Wind op Zee (meer dan 7 GW), met inmiddels zekere aanlanding in IJmuiden van 3 GW, is dit niet veel. Desondanks kan er op de 50-10 kV onderstations waar de bedrijven op zijn aangesloten te weinig capaciteit beschikbaar zijn om het benodigde extra vermogen te voorzien. Om dit te inventariseren hebben we de locatie van de NZKG-bedrijven (zie Figuur 8) vergeleken met de locatie van de onderstations[28], en geïdentificeerd welke bedrijven op welk onderstation zijn aangesloten. Vervolgens hebben we de benodigde extra netcapaciteit per onderstation berekend door de benodigde capaciteit per bedrijf uit Tabel 6 te sommeren voor ieder onderstation. De verkregen waarden zijn tot slot afgezet tegen een vertrouwelijke indicatie van netbeheerder Liander van de huidige belasting van de onderstations. De inventarisatie staat in Tabel 7, en is uitgetekend in Figuur 14.

[26] Uitgaande van een omzettingsrendement van aardgas in warmte van 100%, maar met gebruik van de onderste verbrandingswaarde van 31,65 MJ/m^3.

[27] Een woningequivalent is gelijk aan 27 gigajoule per jaar.

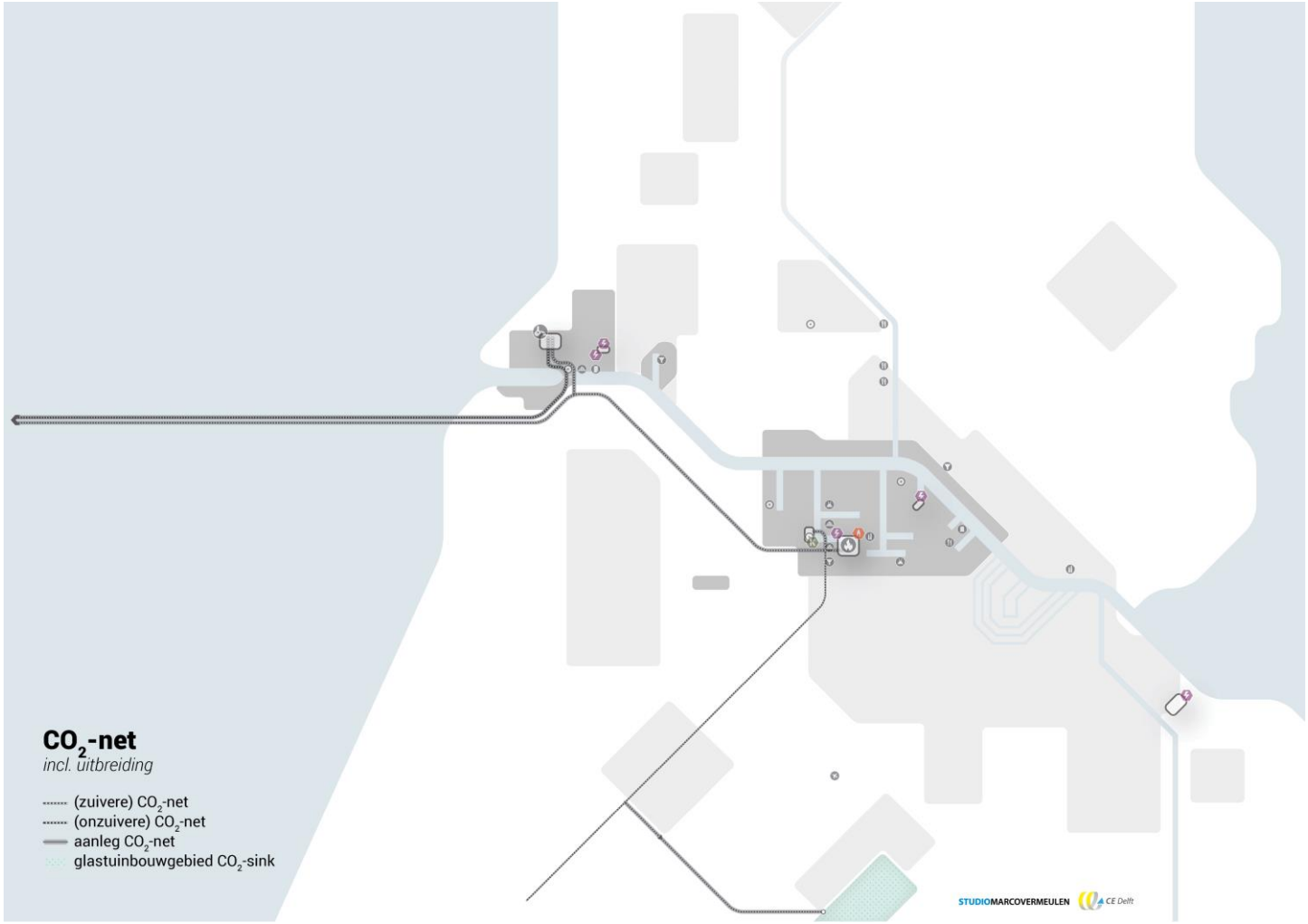
[28] De locatie van de onderstations is te vinden via Hoogspanningsnet Netkaart

Tabel 7 - Benodigde en beschikbare capaciteit van onderstations voor elektrificatie van de NZKG-industrie

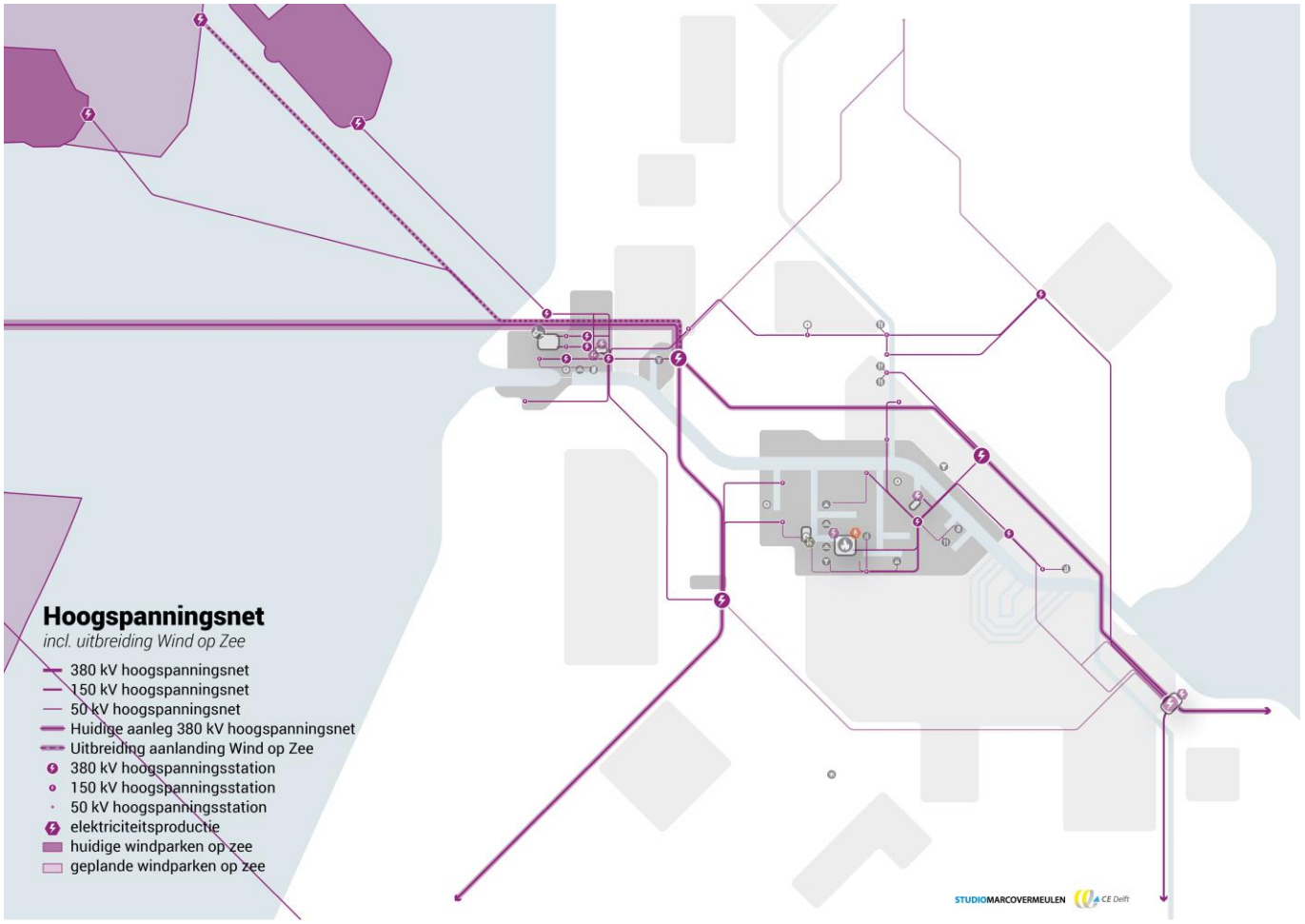
Onderstations	Benodigde netcapaciteit (MW)	Nabije bedrijven	Beschikbare capaciteit voldoende?
OS Ruigoord	0.2	Rietlanden, Vopak	ja
OS Basisweg	97	Bunge (raffinaderij), Oiltanking, APA, BAM, Orgaworld, Sonneborn, RWZI West-Amsterdam	nee
OS Westhaven	26	NuStar, Heijmans, OBA, Koole, VTTI, Eurotank, Main, ICL, Bunge (crush-faciliteit)	nee
OS IJpolder	1.7	Zenith	ja
OS Velsen Staalhavenweg	90	Crown van Gelder	nee
OS Beverwijk-oosterwijk	18	RWZI Beverwijk	nee
OS TATA HVS1	2.2	Linde Gas	ja
OS Zaandijk	62	Olam, Tate&Lyle	nee
OS Krommenie	8	Forbo	ja
OS Wormerveer	11	Loders Croklaan	ja

In Figuur 12 is de ontwikkeling op het gebied van elektriciteitsinfrastructuur in het gebied gevisualiseerd op een schematische kaartondergrond.

Figuur 11 - Mogelijke schematische ligging van het CO_2-net in het NZKG

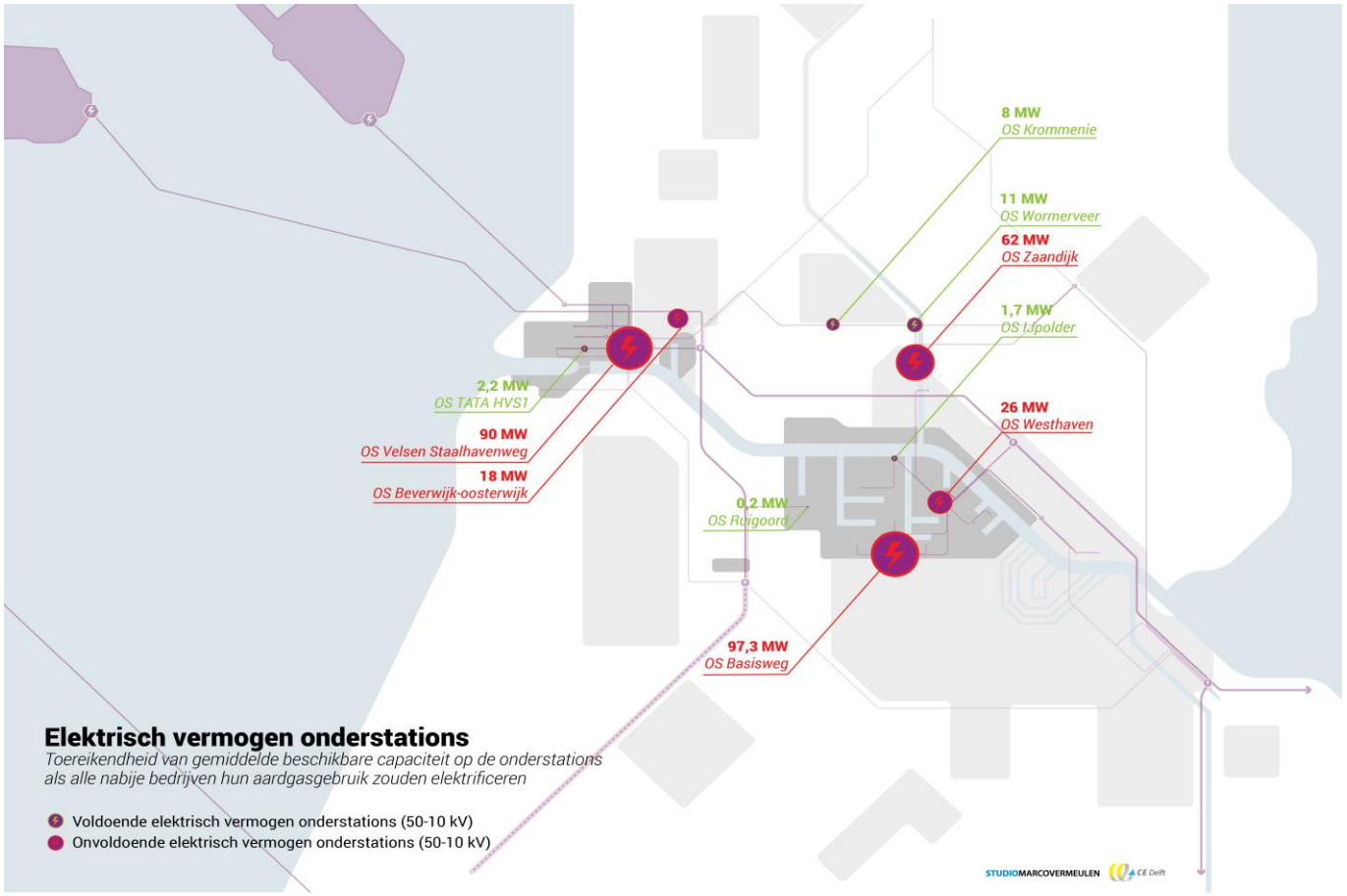


Figuur 12 - Ontwikkelingen rond de elektriciteitsinfrastructuren in en bij het NZKG. De uitbreiding van het 380 kV net in de legenda betreft de uitbreiding voor de Randstadring die reeds in uitvoering is.



Figuur 13 - Toekomstige waterstofinfrastructuur in en rond het NZKG

Figuur 14 - Benodigde en beschikbare capaciteit van onderstations voor elektrificatie van de NZKG-industrie[29]



[29] De grootte van de cirkels is proportioneel aan de benodigde netcapaciteit op de onderstations. Onderstations met voldoende beschikbare capaciteit zijn groen gekleurd. NB: de analyses gelden voor de situatie dat alle bedrijven waar dat technisch kan voor elektrificatie kiezen. Dat zal niet de werkelijke praktijksituatie worden.

Uit de inventarisatie volgt dat op vijf van de tien onderstations de huidige beschikbare netcapaciteit onvoldoende is om elektrificatie van alle aangesloten NZKG-bedrijven mogelijk te maken. Sommige individuele bedrijven kunnen ook al te maken krijgen met de beperkte ruimte op de onderstations als zij als enige elektrificeren; dit geldt voor Bunge (raffinaderij), Crown van Gelder, RWZI Beverwijk, en Tate & Lyle.

Er zijn drie maatregelen om het beschikbare vermogen op (50-10 kV) onderstations te vergroten[30]:
- Het verplaatsen van vermogen (0-5 MW) tussen de onderstations door het leggen van nieuwe verbindingen (10 kV). De doorlooptijd hiervan is ca. 1,5 jaar.
- De uitbreiding van een onderstation, d.m.v. het verzwaren van transformatoren en het leggen van 50 kV-verbindingen. De doorlooptijd hiervan is ca. 3-5 jaar.
- Het bouwen van een nieuw 150-20 kV-onderstation van 80 MW. De doorlooptijd hiervan is ca. 4-8 jaar, afhankelijk van o.m. de snelheid van het verkrijgen van grond, budget en vergunningen en het koppelen aan het landelijk transportnet van TenneT.

Een nieuw 50-10 kV onderstation van 40 MW neemt ca. 0,2 hectare in beslag; een 150-20 kV onderstation van 80 MW behoeft ca. 0,25 ha, en een 150-20 kV station van 240 MW ca. 0,6 ha.

B.4 Evaluatie mogelijkheden voor klimaatneutraliteit NZKG-bedrijven

In deze sectie presenteren we een kwalitatieve evaluatie van de technische potentie van ontwikkelrichtingen voor de individuele bedrijven in het Noordzeekanaalgebied. De ontwikkelrichtingen zijn duurzame warmtemogelijkheden die een mogelijk alternatief bieden voor het huidige aardgasgebruik. We onderscheiden de volgende ontwikkelrichtingen: carbon capture, utilisation and storage (CCUS), waterstof, geothermie, en elektriciteit (zie Bijlage B.1). De technische potentie hebben we gedefinieerd als de fysieke mogelijkheid van overschakeling van aardgasgebruik van NZKG-bedrijven op ontwikkelrichtingen, kijkend naar de mogelijkheid van overschakeling bedrijfsprocessen, en de benodigde en beschikbare capaciteit van infrastructuur. Deze informatie hebben we verzameld in de Bijlagen B.2 en B.3, en is hier gebruikt om de technische potentie van de verschillende ontwikkelrichtingen kwalitatief in te schatten voor de individuele NZKG-bedrijven. In Tabel 8 staat de evaluatie per ontwikkelrichting en bedrijf omschreven in woorden, en Tabel 9 bevat de bijbehorende kwalitatieve evaluatie.

Tabel 8 - Evaluatie van technische potentie van ontwikkelrichtingen voor individuele NZKG-bedrijven (deel A)

Bedrijf	Productieproces en huidig warmtegebruik	1. CCUS	2.a Waterstof	2.b Geothermie	3 Elektriciteit
Albemarle	Energie-intensief en ingewikkeld productieproces. Hoog aardgasgebruik voor HT-warmtevoorziening. Voor de fluidized catalytic (FCC)-katalysatoren (~80% van productie) worden bijna alle grondstoffen zelf gemaakt. Voor de hydro processing catalysts (HPC) zijn er droog- en calcinatie-stappen. Calcineren vergt 500-600°C.	CO_2-afvang kan relatief duur zijn door complexiteit van het productie-proces.	Technisch haalbaar. Eigen gasontvangst-station maakt switch naar waterstof makkelijker.	Temp. van aardwarmte (200°C of lager) is te laag.	Elektrificatie van warmte-voorziening van calcineerproces is moeilijk (te hogetempera-tuur).

[30] Uit communicatie met Liander.

Bedrijf	Productieproces en huidig warmtegebruik	1. CCUS	2.a Waterstof	2.b Geothermie	3 Elektriciteit
Asfaltcentrales (APA, BAM, Heijmans)	De menginstallaties worden thermisch verwarmd. Het bitumen moet verwarmd blijven. Geen hoge temperaturen (~200°C)	CO_2-afvang is erg lastig in dit proces.	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen).
Bunge - crush-faciliteit	Gebruikt aardgas voor verwarmingsproces.	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur (hoge prijs per kg CO_2).	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen).
Bunge - raffinaderij	Gebruikt midden/lage druk stoom of warme lucht (120-200°C). Wekt zelf energie op uit bijproducten van sojabonen, zonnebloempitten, cacaodoppen, etc. in een proefinstallatie. Produceert 100% van de elektriciteit die het nodig heeft, en 3 ton stoom (voor droogprocessen). In een toekomstige faciliteit moet dat 25-30 ton worden. In het rookgas zit ca. 10% CO_2.	CO_2-reductie-kosten in de orde van 100 €/ton (relatief hoog). CO_2-afvang levert wel negatieve emissies op.	Technisch haalbaar. Bunge heeft eigen gasontvangst-station.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie-technologie kan benodigde warmte leveren, maar vergt mogelijk versterking van het elektriciteitsnet.
Olam	Bonen worden gebrand met warme lucht.	CO_2-afvang is mogelijk, maar systeemkosten zijn relatief hoog ten opzichte van andere ontwikkel-richtingen.	Vervanging van stoomketel en aanpassing gaspijplijn voor gebruik waterstof is technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen).
Crown van Gelder	Gebruikt 150°C stoom om papier te drogen (10 bar). Heeft WKK met 30 MWel gasturbine (50 MWth). Heeft biomassaketel. Er wordt warmte van 130°C ingevoegd op het warmtenet. Er ligt een plan voor een koppeling met Tata Steel en Nuon in Stoomnet IJmond.	CO_2-afvang is mogelijk, maar systeem-kosten zijn relatief hoog t.o.v. andere ontwikkelrichting en.	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar. Er is al een aansluiting op het warmtenet.	Elektrificatie van warmte-voorziening voor droog-proces is goed mogelijk, maar beschikbare capaciteit op het onder-station is onvoldoende.
ENCI	Droogproces, waarbij de drooglucht direct wordt verwarmd met een brander. De hoogovenslak wordt op een energiezuinige manier gedroogd en voorgemalen met een rollenpers.	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur (hoge prijs per kg CO_2).	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen).

Bedrijf	Productieproces en huidig warmtegebruik	1. CCUS	2.a Waterstof	2.b Geothermie	3 Elektriciteit
Forbo	Omvat een lijmenfabriek en een linoleum/marmoleumfabriek. Droogproces bij lage temperatuur.	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur (hoge prijs per kg CO_2).	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen).
ICL	Gebruikt niet veel aardgas. Verwarmen van fluorhoudende gassen en warme slurry met fosfaatmeel: 70-100 °C. Drogen van granules in een trommel, met hete lucht van 250-600°C (verhit d.m.v. aardgas). Maakt gebruik van struviet van RWZI Amsterdam West als grondstof.	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur (hoge prijs per kg CO_2).	Waterstof kan aardgas vervangen. ICL heeft eigen gasontvangst-station.	Temp. van aardwarmte (200°C of lager) is te laag.	Elektrificatie-technologie kan niet in de hoge benodigde temperaturen voorzien.
Linde Gas Benelux BV	Er wordt elektriciteit gebruikt voor de cryogene scheiding van zuurstof, stikstof en edelgassen uit lucht. De scheiding zou ook alleen met membranen kunnen.	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur (hoge prijs per kg CO_2).	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen). Elektriciteits-gebruik kan omlaag door overschakeling op membraan-scheiding.
Loders Croklaan B.V.	Verwarmingsproces met gebruik van warmte op lage temperatuur[31].	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur (hoge prijs per kg CO_2).	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmtevoorzien ing is goed mogelijk (lage volumes en temperaturen).
Op- en overslagbedrijve n vloeibare fossiele brandstoffen	Visceuze olie wordt verwarmd met stoom op lage druk. Dampopvangsystemen. Oiltanking Amsterdam is verbonden met Schiphol d.m.v. een pijplijn van 20 km.	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur. De pijplijn met Schiphol kan gebruikt worden voor levering van biokerosine.	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening lijkt hier goed mogelijk, zeker bij goede isolatie van tanks.

[31] Heeft gemeld te willen gaan investeren in een biomassaketel op het eigen terrein t.b.v. stoomproductie voor de eigen processen, gebruikmakend van eigen reststromen uit de fabriek.

Bedrijf	Productieproces en huidig warmtegebruik	1. CCUS	2.a Waterstof	2.b Geothermie	3 Elektriciteit
Orgaworld	Anaërobe vergistingsfabriek, met productie van 3.500 ton meststof per jaar. Heeft WKK met 5,5 MWel en 5,5 MWth output. Gebruikt warmte van lage temperatuur.	Laag aardgas-gebruik maakt investering in CO_2-afvang relatief duur (hoge prijs per kg CO_2).	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen).
RWZI Amsterdam West	Slib wordt gedroogd om het als brandstof te kunnen afzetten. Hoge biogasproductie. Er is een biogasopwaarderingsinstallatie die gebruikt maakt van enkelvoudige membraanfiltratie.	Groengas wordt juist geproduceerd. Dit zou intern kunnen worden omgezet in elektriciteit. CO_2-afvang bij biogasopwaarder ing is goed mogelijk.	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen).
RWZI Beverwijk	Slib wordt gedroogd om het als brandstof te kunnen afzetten. Produceert biogas en groengas; biogasopwaarderingsinstallatie maakt gebruik van membraanfiltratie en cryogene scheiding. CO_2-benutting gebeurt nog niet, maar kan economisch interessant zijn.	Groengas wordt juist geproduceerd. Dit zou intern kunnen worden omgezet in elektriciteit. CO_2-afvang bij biogasopwaarder ing is goed mogelijk.	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie van warmte-voorziening is goed mogelijk (lage volumes en tempe-raturen), maar beschikbare capaciteit op het onder-station is onvoldoende.
Sonneborn Refined products	Destillatieproces met hoge temperaturen (>200°C).	Kosten van CO_2-afvang zijn 50-100 €/ton. Aardgas-verbruik is relatief laag.	Technisch haalbaar. Heeft eigen gasontvangst-station.	Temp. van aardwarmte (200°C of lager) is te laag.	Met weerstands-verwarming kan hogetempe-ratuurwarmte geproduceerd worden.
Tata Steel	Goed voor circa 80% van het industrieel energiegebruik in Noord-Holland. Gebruikt steenkool, bruinkool en elektriciteit voor het produceren van cokes. Gebruikt steenkool, bruinkool, elektriciteit, aardgas en aardolie-grondstoffen voor de ijzer- en staal-productie. Cokesovengas wordt gedeeltelijk gebruikt in de IJmondcentrale, die stroom en warmte levert voor de ijzer- en staalproductie, en gedeeltelijk afgevoerd naar de twee elektriciteitproductie-eenheden van Nuon in Velsen. Hetzelfde geldt voor het hoogovengas, maar hier gaat het grootste	Nieuwe proces-technologie i.c.m. CCS kan CO_2-emissie voor het grootste deel reduceren. Vergt grote investeringen.	Geen optie; koolstof is nodig voor reductie van ijzeroxide tot ijzer. Op lange termijn (>2040) wel mogelijkheden.	Geen optie; koolstof is nodig voor reductie van ijzeroxide tot ijzer.	Met elektro-staalproces zou op elektriciteit kunnen worden overgeschakeld, maar dit proces gebruikt alleen schroot als grondstof en levert laagwaardiger staalsoorten dan Tata Steel produceert.

Bedrijf	Productieproces en huidig warmtegebruik	1. CCUS	2.a Waterstof	2.b Geothermie	3 Elektriciteit
	deel naar de beide Velsen-eenheden van Nuon. Gebruik van technologie die wordt getest in de Hisarna-fabriek kan de CO_2-emissie met 20% reduceren (met CCS 80%).				Een grotere elektriciteitsnet aansluiting zal nodig zijn.
Tate & Lyle Netherlands B.V.	Heeft hoog aardgasverbruik. Voor suikerproductie worden er suikers opgelost in warm water van ca. 80°C, ingedampt en gedroogd.	CO_2-afvang is mogelijk, maar systeemkosten zijn relatief hoog ten opzichte van andere ontwikkel-richtingen.	Technisch haalbaar.	Technisch haalbaar.	Elektrificatie-technologie kan in principe benodigde warmte leveren[32], maar beschikbare capaciteit op het onder-station is onvoldoende.

Tabel 9 - Evaluatie van technische potentie van ontwikkelrichtingen voor individuele NZKG-bedrijven (deel B)

Bedrijf	CCUS	2a Waterstof	2.b Geothermie	3. Elektriciteit
Albemarle	-	+	--	--
Asfaltcentrales (APA, BAM, Heijmans)	--	+	+	++
Bunge – crush-faciliteit	-	+	+	++
Bunge – raffinaderij	-	++	+	+
Olam	-	+	+	++
Crown van Gelder	-	+	++	-
ENCI	-	+	+	++
Forbo	-	+	+	++
ICL	-	++	--	+
Linde Gas	-	+	+	++
Loders Croklaan	-	+	+	++
Op- en overslagbedrijven	-	+	+	++
Orgaworld	-	+	+	++
RWZI Amsterdam West	++	+	+	++
RWZI Beverwijk	++	+	+	-
Sonneborn Refined products	+	+	--	+
Tata Steel	+	--	--	--
Tate & Lyle	-	+	+	-
Totalen				
Zeer geschikt	2	2	1	10
Geschikt	**2**	15	13	2
Ongeschikt	13	0	0	3
Zeer ongeschikt	1	1	4	3

De technische potentie per bedrijf per ontwikkelrichting is gewaardeerd op een ordinaal meetniveau. Mogelijke waarden zijn: ‘Zeer geschikt’ (++), ‘geschikt’ (+), ‘ongeschikt’ (-) en ‘zeer ongeschikt’ (--).

[32] Met de kanttekening dat een leverancier heeft laten weten dat de benodigde vermogens van dergelijke apparatuur nog een lange ontwikkeltijd vergen (vele jaren).

Tabel 9 laat zien dat CCUS als 'ongeschikt' is beoordeeld voor de meeste NZKG-bedrijven. Hoewel CCUS op zich technisch mogelijk is voor de meeste bedrijven, is de investering in een CO_2-afvang-installatie relatief duur. Waterstof is voor de meeste bedrijven 'geschikt'; waterstof kan via het bestaande aardgasnet worden geleverd, en bedrijfsaanpassingen voor de verbranding van waterstof zijn relatief goedkoop. Ook geothermie is overwegend als 'geschikt' beoordeeld, omdat de temperatuur van de geleverde warmte voor de meeste bedrijven geschikt is, en de bedrijven niet hoeven te investeren in systeemaanpassingen (alleen in een aansluiting op het warmtenet). Elektrificatie wordt over het algemeen als 'zeer geschikt' beoordeeld, omdat met de benodigde temperaturen voor de meeste bedrijfsprocessen kan worden bereikt met elektrificatiesystemen, en omdat gebruik kan worden gemaakt van de bestaande elektriciteitsnetaansluiting. Hier moet echter een slag om de arm worden gehouden: Wanneer meerdere bedrijven die zijn aangesloten op hetzelfde onderstation elektrificeren, kan de beschikbare capaciteit op het onderstation ontoereikend zijn. Dit is niet verwerkt in deze evaluatie voor individuele bedrijven. Voor sommige bedrijven is er al een capaciteitsprobleem in het individuele geval; dit is wel meegenomen.

B.5 Indicatie van tijdspanne

Een indicatie van de snelheid waarmee de verschillende ontwikkelrichtingen kunnen worden ingezet wordt gegeven in Figuur 15. Alle ontwikkelrichtingen vergen veel tijd, omdat de volledige overschakeling van de NZKG-industrie op een bepaalde duurzame warmteoptie bestaat uit de ontwikkeling van nieuwe productie, opslag-, leverings- en gebruikssystemen, die gepaard gaan met grote kapitaalinvesteringen, verlening van vergunningen, bouwtijden, aanpassing van wet- en regelgeving, en overeenstemming tussen partijen over de ontwikkelingen.

Bij de ontwikkelrichting *CCUS* moet een regionaal CO_2-netwerk worden gerealiseerd, inclusief verbindingen met afnemers en opslaglocaties. Bij de bedrijven moeten investeringen gedaan worden in een CO_2-afvangssysteem.

Voor de ontwikkelrichting *waterstof* kunnen de bedrijven met een eigen gasontvangststation (GOS) al sneller omschakelen naar aanlevering en gebruik van waterstof, omdat een 'eigen' deel van het aardgasnet al kan worden toegerust op waterstoftransport, apart van het de rest van het aardgasnetwerk. Er moet dan ook waterstofproductiecapaciteit worden gebouwd, voor de productie van blauwe of groene waterstof.

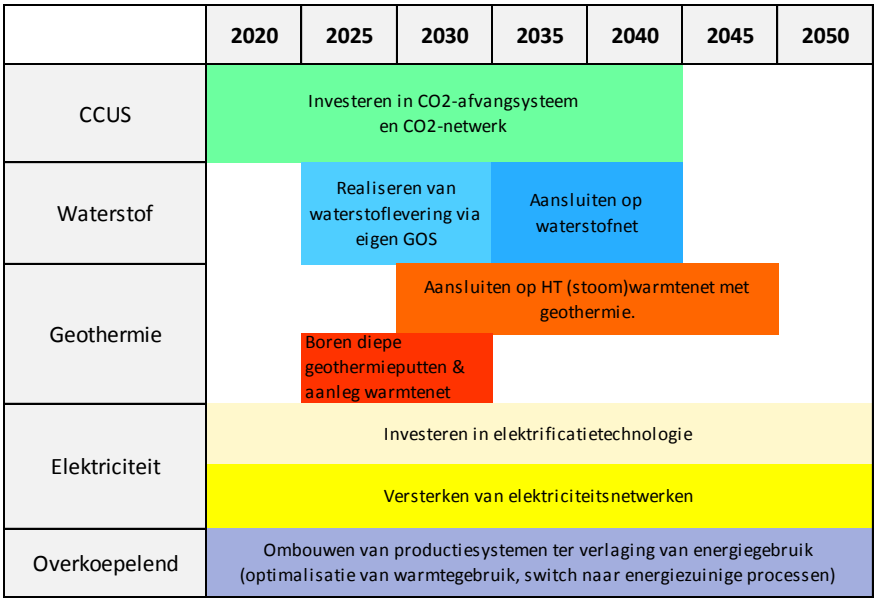
In de ontwikkelrichting *geothermie* kunnen in de komende tien jaar (ultra)diepe aardwarmtebronnen worden aangeboord in het Noordzeekanaalgebied, mogelijk gemaakt door de identificatie van geschikte bronnen in het bodemonderzoek dat de komende twee jaar zal worden uitgevoerd. Bedrijven kunnen hier gezamenlijk investeren ten behoeve van de verduurzaming van hun warmtegebruik. Daarnaast moet ook een regionaal warmtenet tot stand gebracht worden, en daar zijn ook bijdragen van overheden voor nodig.

De ontwikkelrichting *elektriciteit* vergt dat de NZKG-bedrijven investeren in elektrificatietechnologie, dat regionaal netbeheerder Liander de capaciteit op de onderstations uitbreidt en het distributienet versterkt, en dat landelijk netbeheerder TenneT de capaciteit van het transmissienet zo nodig uitbreidt.

Niet in de analyse opgenomen is een ontwikkelrichting van andere orde: *verlaging van het energiegebruik*. Dit is geen volwaardig alternatief, in de zin dat dit niet tot een klimaatneutrale warmtevoorziening van de NZKG-industrie kan leiden. Maar in combinatie met één of meer andere ontwikkelrichtingen is dit zeer waarschijnlijk goedkoper dan alleen inzetten op verduurzaming van het huidige gebruiksniveau. Het vermijden van energiegebruik levert immers op zichzelf al een lagere energierekening op, en kan zorgen voor een kleinere en goedkopere infrastructuuraansluiting en lokaal

warmtesysteem. Zowel de optimalisatie van warmtegebruik als de switch naar energiezuinigere processen kunnen bijdragen aan de realisatie van een verlaagd energiegebruik.

Figuur 15 - Indicatie van de tijdspanne voor de ontwikkelrichtingen



B.6 Conclusies klimaatneutraliteit NZKG-industrie

Op basis van de analyse gepresenteerd in deze bijlage kunnen we het volgende concluderen over de technische potentie van verschillende ontwikkelrichtingen voor de industrie in het Noordzeekanaalgebied:

- *CCUS* vraagt relatief veel aanpassingen aan systemen plus de ontwikkeling van een CO_2-net en CO_2-opslag, met aansluiting op de OCAP-pijpleiding en een leiding naar een opslaglocatie onder de zeebodem. Dit terwijl bedrijven misschien op de langere termijn alsnog op een CO_2-vrij alternatief zullen overstappen. Deze ontwikkelrichting heeft alleen de voorkeur bij bedrijven die vooralsnog geen alternatief hebben. Dit gaat om Tata Steel, verreweg de grootste uitstoter en energiegebruiker. Voor Tata is een CO_2-transportcapaciteit van 6,2 Mton/jaar nodig, en voor de andere meegenomen NZKG-bedrijven 0,6 Mton/jaar. Daarnaast nog de afvang van 1,7 Mton/jr CO_2 van AEB.
- *Waterstof* kan worden geleverd aan bedrijven via het bestaande aardgasnet, maar vergt aanpassingen aan het net en aan verbrandingsketels, en uitbreiding van productiecapaciteit van blauwe/groen waterstof. De maximale waterstofbehoefte van de NZKG-bedrijven – in geval alle bedrijven op waterstof overstappen – is 9 PJ/jaar. Daarnaast zal vergroening van de elektriciteitsproductie in het NZKG van in totaal 1,4 GW_e tot extra waterstofvraag leiden.
- De potentie van *geothermie* voor het NZKG is nog onduidelijk. Voor sommige NZKG-bedrijven is de temperatuur van de aardwarmte niet hoog genoeg; dit geldt voor Albemarle, ICL, Sonneborn, en Tata Steel. Om de resterende bedrijven te kunnen voorzien zou er in totaal 7,3 PJ per jaar aan aardwarmte moeten worden geproduceerd. Voor de levering aan de bedrijven moet er een warmtenet komen dat de aardwarmtebronnen met de bedrijven verbindt.
- *Elektrificatie* is mogelijk voor alle meegenomen NZKG-bedrijven behalve Tata Steel en Albemarle, vanwege de te hoge bedrijfstemperaturen en het gebruik van aardgas als reductiemiddel bij Tata. Wanneer alle resterende bedrijven zouden elektrificeren is een gezamenlijk extra capaciteit op het elektriciteitsnet nodig van 293 MW. Bij vijf van de tien 50-10 kV onderstations is niet voldoende

netcapaciteit beschikbaar in de huidige situatie, en zal de capaciteit van de onderstations en de netten moeten worden uitgebreid om volledige elektrificatie mogelijk te maken (naast het flexibeler maken van het elektriciteitsgebruik in de regio).

Voor de meeste NZKG-bedrijven ligt er dus een potentie voor meerdere ontwikkelrichtingen. Wat zij zullen kiezen en wanneer is afhankelijk van interne afwegingen op basis van bedrijfsspecifieke processen en kostenramingen, externe ontwikkelingen zoals kostprijzen van alternatieve systemen en overheidsbeleid, maar ook van de ontwikkeling van regionale infrastructuurplannen waarin publieke en private partijen samenwerken. Als stakeholders zich samen inzetten voor bijv. de realisatie van een regionaal waterstofnet, dan kan dit uiteindelijk de gehele industrie in deze (ontwikkel)richting doen bewegen.

De impact van de ontwikkelrichtingen op ruimtegebruik in het Noordzeekanaalgebied is niet groot en niet problematisch. Tata Steel en AEB hebben extra ruimte nodig voor bijv. een CO_2-afvanginstallatie, maar deze ruimte is beschikbaar op het eigen terrein. Voor uitbreiding van onderstations moet wellicht enkele ha nieuwe grond worden aangekocht, en ook dit is mogelijk in het NZKG. Regionale warmtenetten, aardgasnetten, elektriciteitsnetten en CO_2-netten zullen grotendeels ondergronds lopen.

Tot slot moet nog worden opgemerkt dat deze analyse ‘de hoeken van het speelveld’ laat zien. In werkelijkheid zullen meerdere ontwikkelrichtingen (energiebronnen en -dragers) worden ingezet om de NZKG-industrie te verduurzamen voor 2050. Ook gemengde oplossingen zijn mogelijk, zoals met bijvoorbeeld hybride boilers (elektrisch én gas).
Naast de bekeken ontwikkelrichtingen zullen ook biomassa en verlaging van de energievraag een rol spelen. De analyse geeft aan welke transportcapaciteit er maximaal nodig is voor de verschillende energie- en CO_2-stromen voor wat betreft de industrie, maar dit zal lager uitvallen als gevolg van verschillende keuzes van bedrijven en gemeenten.

C Klimaatneutraal goederentransport

C.1 Introductie

Binnen dit project ligt de focus wat transport betreft op goederentransport (wegtransport, binnenvaart en zeevaart). Gezien de rol van de haven van Amsterdam in het gebied gaat het hierbij om een grote vraag naar scheepsbrandstoffen, niet alleen voor het scheepvaartverkeer in het gebied zelf, maar ook voor het scheepvaartverkeer gelinkt aan de haven, maar net buiten de scope van het NZKG. Bij het wegverkeer draait het hierbij voornamelijk om de vraag naar diesel. De vraag naar elektriciteit voor transportdoeleinden is nu nog beperkt, maar wanneer er meer mogelijkheden op de markt komen om ook het zwaarder transport te elektrificeren zal de elektriciteitsvraag geleidelijk een grotere rol gaan spelen.

Merk op dat er op twee manieren naar het brandstofverbruik gekeken kan worden:
- het energiegebruik van de modaliteiten binnen het gebied (op basis van de in het gebied afgelegde afstanden);
- de bunkervolumes in het gebied, waarbij een deel van deze volumes tot energiegebruik buiten het gebied leidt, met name bij het lange afstandstransport.

In het eerste geval is de invloed op het energiegebruik groter, terwijl bij de bunkervolumes het verduurzamingspotentieel groter. Gezien de scope van deze studie richten we ons op het energiegebruik van transport binnen het gebied zelf, maar wordt er ook aandacht besteed aan de verandering van het gebied voor de verduurzaming van de volledige bunkervolumes (denk aan brandstofopslag, productie van brandstoffen, etc.).

C.2 Klimaatneutraal transport: mogelijkheden en ontwikkelingen

Wanneer we naar de huidige ontwikkelingen in de transportsector kijken, lijkt er consensus te zijn over de elektrificering (elektrisch of waterstof) van het personenvervoer. Er zijn momenteel al meerdere modellen volledig elektrische auto's op de markt en ook waterstofauto's zijn, al is het beperkter, commercieel beschikbaar. Veel nationale overheden overwegen maatregelen, die eisen dat met ingang van een bepaald jaar, alleen nog maar zero-emissie personenauto's verkocht mogen worden. Afhankelijk van de vervangingssnelheid van de vloot kan dit in ongeveer 15 jaar tot een volledige zero-emissie vloot van personenauto's zorgen. Tot die tijd kunnen mogelijk geavanceerde vloeibare biobrandstoffen, BioLNG of synthetische brandstoffen ingezet worden om tot die tijd ook al emissies te reduceren.

Bij het goederenvervoer is de toekomst echter nog meer onzeker. Hier zijn een aantal redenen voor. Er is een gebrek aan doelstellingen en standaarden waardoor het zwaarder goederenvervoer achterloopt ten opzichte van de verduurzaming van personenmobiliteit. Het gaat hierbij om zowel klimaatdoelstellingen als voertuignormering, hoewel er wel wordt gewerkt aan normering voor trucks. De doelstelling voor zeevaart van 50% CO_2-reductie in 2050, waar momenteel binnen de IMO over gesproken wordt, is ook veel minder ambitieus vergeleken met het volledig klimaatneutraal worden voor 2050.

Naast het gebrek aan doelstellingen is er ook een gebrek aan commercieel beschikbare voertuigen: door de langere afstanden en het hoger gewicht is het technisch uitdagender het goederentransport te elektrificeren (ook hier geldt: elektrisch of waterstof). Er vinden voorzichtig wat testen en pilots plaats met relatief kleine elektrische trucks, maar er is nog veel ruimte voor en vraag naar verder doorontwikkeling van de technologieën.

Merk ook op dat individuele marktspelers vaak transport inkopen en daarmee dus niet verantwoordelijk zijn voor de inkoop van voertuigen: alleen partijen met een eigen wagenpark kopen voertuigen in, bedrijven die transport inkopen kopen een dienst in. Momenteel worden er nog nauwelijks duurzaamheidseisen gesteld bij de inkoop van transport, omdat veel marktspelers nog vooral gericht zijn op energiebesparing binnen het bedrijf en nog geen concretere doelstellingen voor transport hebben anders dan een energiebesparingsdoelstelling.

Verladers zijn dus de partij, die uiteindelijk voor verduurzaming moeten zorgen door andere voertuigen aan te schaffen. Zij zullen dit echter alleen maar doen als ze zich hiermee niet uit de markt prijzen: oftewel alleen als er vraag naar is en klanten bereid zijn meer voor het transport te betalen of er moet een marktsituatie ontstaan waarbij transport met dieselvoertuigen duurder is dan de duurzame alternatieven. Gezien de hogere kosten van duurzame alternatieven kan deze situatie alleen bereikt worden door overheidsingrepen. Uiteindelijk kijken verladers op het moment van voertuigvervanging naar de verschillende opties en maken dan een afweging op basis van de Total Cost of Ownership (TCO). Hierin zitten zowel de aanschafkosten als de kosten voor gebruik, zoals de brandstofkosten. Andere factoren, die van invloed op de keuze kunnen zijn, zijn factoren, die van invloed zijn op de inzet van voertuigen. Zo kunnen milieuzones een reden zijn om toch voor duurdere voertuigen te kiezen. Als gevolg van de vervanging van oude voertuigen, zal ook de ingroei van zero-emissievoertuigen geleidelijk gaan.

Omdat het nu nog onzeker is hoe de markt van voer- en vaartuigen zich gaat ontwikkelen voor het goederentransport is het lastig om voorspellingen over de marktaandelen te geven, maar net als voor de industrie in het NZKG is het wel mogelijk om verschillende technische wegen te onderscheiden waarmee klimaatneutraliteit bereikt kan worden. In essentie zijn er drie verschillende hoofdroutes met daarbij enkele varianten. En ook hier geldt dat net als bij de industrie er in de praktijk niet één oplossing komt voor het gebied, maar een mix van de verschillende oplossingen.

De eerste hoofdroute is een zogenaamde ‘end of pipe’ route. Dit is de hoofdroute waarbij in essentie zo min mogelijk verandert ten opzichte van nu. In het geval van transport betreft dit dan drop-in kwaliteit brandstoffen, zoals biobrandstoffen, BioLNG en synthetische brandstof. Dit vergt wel voldoende productiecapaciteit van duurzame geavanceerde biobrandstoffen van hoogwaardige (drop-in) kwaliteit en BioLNG en aan de distributiekant vergt dit levering van de brandstoffen. In het geval van goederentransport over de weg beschikken bedrijven over eigen infrastructuur en dienen brandstoffen daar geleverd te worden. Ook de bevoorrading van vaartuigen vraagt wat aanpassingen, maar deze distributie is ook mogelijk met trucks en bunkerschepen en vraagt om beperkte aanpassingen aan het systeem. Nadeel is dat er hierdoor ook vrij snel weer mee gestopt kan worden, omdat de voer- en vaartuigen met conventionele verbrandingsmotoren blijven bestaan en er van biobrandstoffen direct weer overgestapt kan worden op diesel. Tegelijkertijd biedt dit de mogelijkheid om alternatieve brandstoffen in te zetten tot de voer- en vaartuigen met verbrandingsmotoren geëlektrificeerd of op waterstof kunnen overstappen en men is minder afhankelijk van tank- en laadinfrastructuur buiten het gebied. Daar kan immers ook weer diesel getankt worden. Merk ook op dat er synergiën zijn tussen CCS als oplossing voor de industrie en biobrandstoffenproductie.
Ook biobrandstoffenproductie kan zorgen voor negatieve emissies. Biomassabeschikbaarheid blijft altijd een punt van aandacht, maar valt buiten de scope van deze studie.

Bij de tweede hoofdroute wordt, zoals bij de industrie aardgas wordt vervangen door elektriciteit, het transport ook geëlektrificeerd. Hierbij kan het goederentransport ‘meeliften’ op regievoering op bijv. netverzwaringen, die in het kader van de elektrificatie van de industrie en aanlanding van Wind op Zee al genomen worden. Daarnaast zijn er wel ingrijpende aanpassingen nodig van het transportsysteem, zoals dat bij de eerste hoofdroute niet het geval is. Veel goederenbedrijven tanken op eigen terrein en hebben dan ook behoefte aan eigen laadinfrastructuur, maar zeker bij het zwaarder wegtransport vraagt dit wel om grote vermogens, die niet zomaar te installeren zijn. Ook heeft elektrisch rijden

operationele gevolgen: laadtijden en bijv. laden en lossen van goederen moeten op elkaar afgestemd worden en bij volledig elektrische voertuigen is men ook afhankelijk van laadinfrastructuur elders wanneer de ritten te lang zijn om alleen bij de locatie te laden. Hoewel de overstap op volledig elektrisch nog een sterk technologische uitdaging is, zijn in de tussentijd wel hybride oplossingen mogelijk: waarbij ketens zo geherstructureerd worden dat elektrificatie van een deel van de distributieketens mogelijk is eventueel in combinatie met hybride voer- en vaartuigen.

Bij de derde hoofdroute worden fossiele brandstof vervangen door waterstof. Voor deze ontwikkeling zijn ook nieuwe voertuigen en tankinfrastructuur benodigd. Merk op dat er wel een bepaalde overlap is tussen elektrificering en de overstap naar waterstof. Naar verwachting zal waterstof voornamelijk in combinatie met brandstofcellen worden toegepast: hierbij zet de brandstofcel de waterstof om in elektrische energie die vervolgens als input kan dienen voor een elektromotor, net als bij elektrisch vervoer. In het (goederen)vervoer kent waterstof wat voordelen ten opzichte van elektriciteit: waterstof is geschikter voor de langere afstanden, omdat met waterstof relatief veel energie kan worden opgeslagen in tanks. Hierbij is de toename in het gewicht en volume niet evenredig met de hoeveelheid energie, zoals bij batterijen wel het geval is. Ook kan ook bij grotere voertuigen relatief snel getankt worden. Hierdoor is waterstof met name een goede optie voor de meer energie-intensievere modaliteiten (Gigler & Weeda, 2018).

Naast directe inzet van waterstof, kan waterstof ook een belangrijke rol spelen bij de productie van synthetische brandstoffen voor de modaliteiten, die nog niet geëlektrificeerd kunnen worden.
In principe komt de inzet van deze synthetische brandstoffen dan neer op de eerste hoofdroute, waarbij er nauwelijks aanpassingen nodig zijn aan voertuigen en infrastructuur, maar sprake is van een drop-in-oplossing.
Net als bij elektriciteit kan het transport hierbij profiteren van de totstandkoming van grootschalige waterstofketens en de transitie van grijze, naar blauwe en uiteindelijke groene waterstof. Zoals eerder aangegeven is de verwachting dat groene waterstof rond 2030 geleidelijk de markt gaat overnemen.

Alleen voor de zeevaart lijkt het onwaarschijnlijk dat deze sector tegen 2050 grotendeels geëlektrificeerd is of volledig is overgestapt op waterstof. Naar verwachting zal deze sector nog langer afhankelijk zijn van vloeibare brandstoffen, zoals biobrandstoffen of synthetische brandstoffen uit bijv. windenergie. Dit komt deels door het (nu nog) lagere ambitieniveau van de zeevaart om de CO_2-reductie in 2050 gehalveerd te hebben in plaats van 100% reductie bereikt te hebben.

C.3 Ontwikkeling goederenstromen

De vraag naar transport binnen het gebied wordt grotendeels bepaald door de ontwikkelingen in goederenstromen. Deze zijn verantwoordelijk voor de ontwikkelingen in volumes en type transport-stromen. Ecorys (2018) heeft recent de prognoses voor de goederenstromen in het NZKG geüpdate in de studie ‘Goederenstroomprognoses Havens Noordzeekanaalgebied 2050’. (Ecorys, 2018) Hierbij is zowel gekeken naar de ontwikkelingen aan zowel de zeezijde als aan de kant van het achterland-transport (wegtransport, binnenvaart en spoor). Veranderingen buiten het gebied werken door op het gebied zelf. Voor het goederentransport betekent dit dat de goederenstromen veranderen naar aanleiding van veranderende vraag naar goederen vanuit de energiesector en industrie.

Ontwikkeling goederenstromen zeezijde NZKG

Ecorys (2018) is een update van de prognoses van de cijfers voor de overslag van zeegaande lading in het Noordzeekanaalgebied die het Havenbedrijf Amsterdam in 2007 heeft laten opstellen. De nieuwe cijfers zijn gebaseerd op de nieuwe WLO-2015 scenario’s (hoog en laag) en zijn door Ecorys bewerkt om tot een regio-specifieke inschatting van het NZKG te komen.

Alle informatie in deze bijlage over ontwikkeling van goederenstromen is gebaseerd op de prognoses van Ecorys (2018). Meer gedetailleerde informatie over de aannames en methode zijn dan ook in die studie te vinden.

De ontwikkelingen op de korte termijn zullen vooral het gevolg zijn van economische ontwikkelingen en investeringen in de Amsterdamse terminals. Na 2023 gaat de energietransitie een groot effect hebben. Tot 2030 zal dit nog vooral betrekking hebben op de overslag van kolen (voor energieproductie), maar na 2030 zal dit effect ook breder dan dit zijn, omdat dan ook de overslag van olieproducten steeds meer geraakt wordt door de energietransitie. In Figuur 16 zijn de prognoses voor de zeezijde gegeven.

Figuur 16 - Zeezijde detailcijfers (middel)lange termijnraming 2017-2023-2030-2050

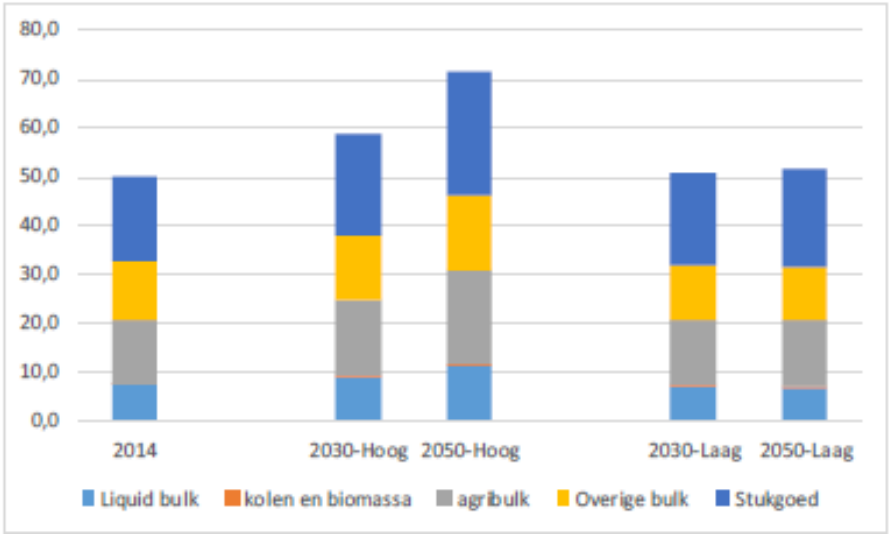
		MLT laag en hoog		Lange termijn raming laag en hoog			
x 1.000 ton	2017 referentie	2023 laag	2023 hoog	2030 laag	2030 hoog	2050 laag	2050 hoog
Container	641	1.048	1.482	1.124	1.752	1.371	2.603
Liquid bulk	46.540	48.812	53.803	45.527	55.216	26.077	44.166
Dry bulk	46.062	41.262	44.397	41.869	47.638	38.500	52.217
erts	11.177	11.448	11.655	11.772	12.238	12.751	14.070
kolen	20.041	15.172	17.634	15.146	18.561	10.622	17.698
agribulk	8.185	8.679	8.693	8.358	9.263	8.631	11.206
ov. droog	6.656	5.963	6.416	6.593	7.575	6.496	9.243
RoRo	618	657	766	685	985	804	2.018
Overig stukgoed	6.417	7.132	7.869	7.416	8.885	8.291	12.570
Totaal	100.278	98.911	108.317	96.621	114.475	75.042	113.574

Bron: (Ecorys, 2018).

Ontwikkeling goederenstromen achterlandtransport NZKG

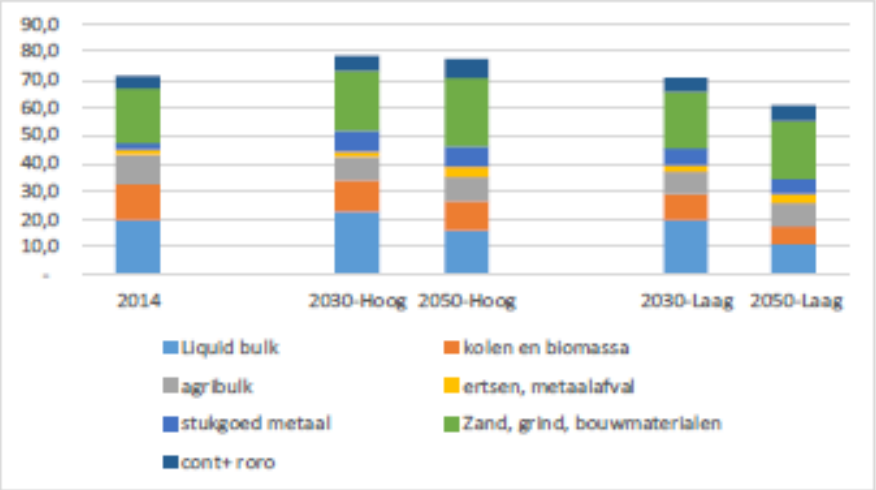
Bij de goederenstromen voor het achterland is onderscheid gemaakt naar goederetransport over de weg, per binnenvaart en per spoor. Aangezien spoor buiten de scope van deze studie valt zijn alleen de prognoses voor het wegtransport en de binnenvaart weergegeven in Figuur 17 en Figuur 18.

Figuur 17 - Ontwikkeling wegvervoer naar verschijningsvorm van de goederen



Bron: (Ecorys, 2018).

Figuur 18 - Ontwikkeling binnenvaart naar verschijningsvorm van de goederen



D Waterstof in het NZKG

D.1 Introductie

Veel bedrijven gebruiken aardgas voor procesenergie, grondstof en verwarmen van gebouwen. Deze energiefuncties kunnen technisch door waterstof worden vervangen. Financieel zal dat altijd leiden tot een beperkte of forse kostenverhoging. Daarom zal inzet van waterstof altijd gepaard gaan met procesvernieuwing en daardoor energie-efficiency. Om dit mogelijk te maken zal op den duur de aardgasinfrastructuur vervangen moeten worden door waterstoflevering.
Op dit moment zijn er tal van initiatieven gericht op de productie van waterstof, zowel blauwe waterstof uit aardgas waarbij de vrijkomende CO_2 wordt opgeslagen, als 'groene waterstof' uit elektrolyse met (overvloedige) windelektriciteit.

Om succesvol waterstof (zonder CO_2-emissie) te kunnen gebruiken zal zowel het gebruik, de infrastructuur als de productie moeten worden aangepakt. De kunst is om dit geleidelijk (i.e. stapsgewijs) te doen en het kip-ei-probleem tussen vraag en aanbod op te lossen.

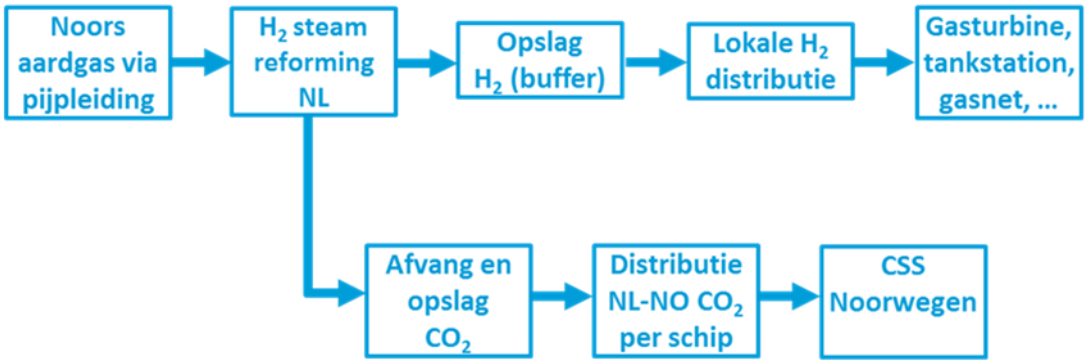
D.2 De waterstofketen

Op dit moment zijn er drie hoofdroutes in beeld om waterstof te gebruiken en daarmee de CO_2-emissie te verlagen. Voor een goed begrip: dit zijn (serieuze) mogelijkheden, niet reeds bestaande routes.

Blauwe waterstof:

Noors aardgas wordt geïmporteerd via een aardgasleiding en met (steam)reforming gesplitst in waterstof en CO_2. De waterstof wordt via een lokaal net gedistribueerd naar bedrijven en/of gebouwde omgeving. De CO_2 wordt afgevangen en per schip vervoerd naar het Noorse aardgasveld waar het ondergronds wordt opgeslagen.

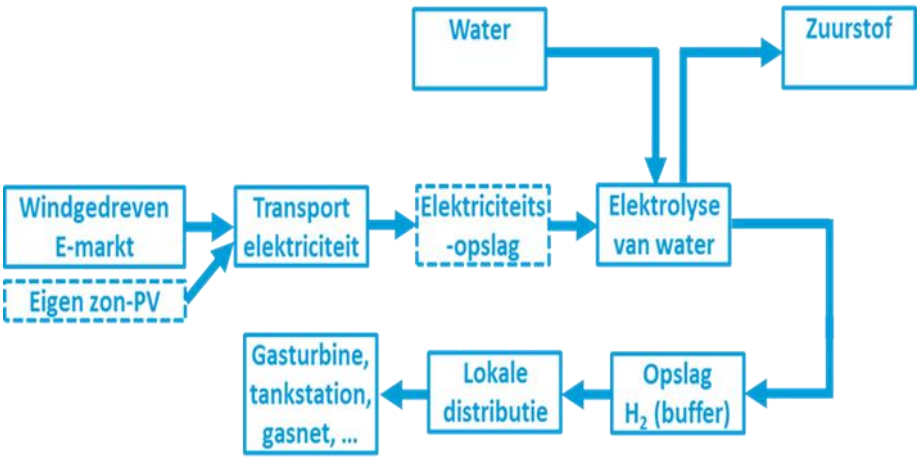
Figuur 19 - Route blauwe waterstof



Groene waterstof - Nederland:

Elektriciteit uit zon en wind (Noordzee) wordt gebruikt om met een elektrolyser water te splitsen in waterstof en zuurstof. Aan de kust of op een eiland op de Noordzee. Beide producten hebben economische waarde. De waterstof wordt via een lokaal net gedistribueerd naar de gebruikers.

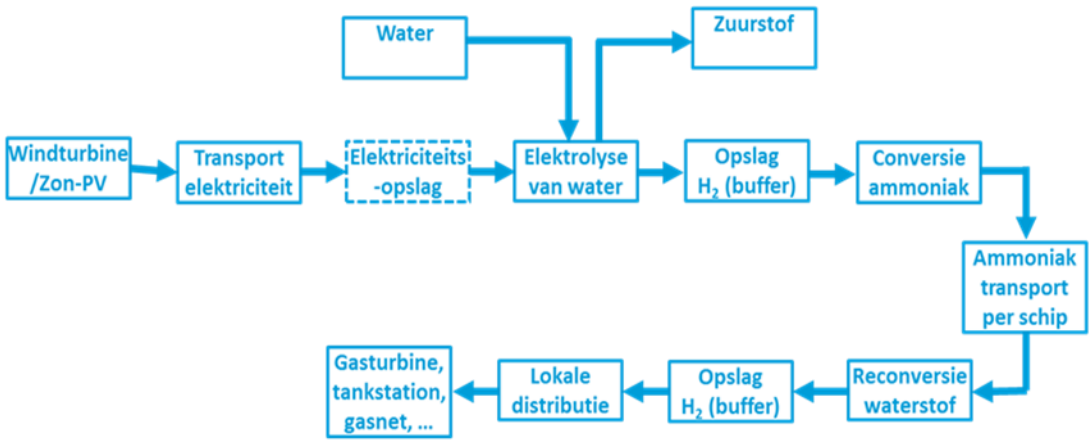
Figuur 20 - Route groene waterstof - Noordzee



Groene waterstof - import:

In gebieden met veel zon/wind (zoals Marokko, Spanje, Midden-Oosten) wordt water gesplitst in waterstof en zuurstof. De waterstof wordt met stikstof uit de lucht omgezet in ammoniak[33] om het makkelijker te kunnen transporteren. Via schepen wordt het naar Nederland getransporteerd, vergelijkbaar met hoe op dit moment grote hoeveelheden aardolie vanuit het Midden-Oosten naar het westen worden getransporteerd.

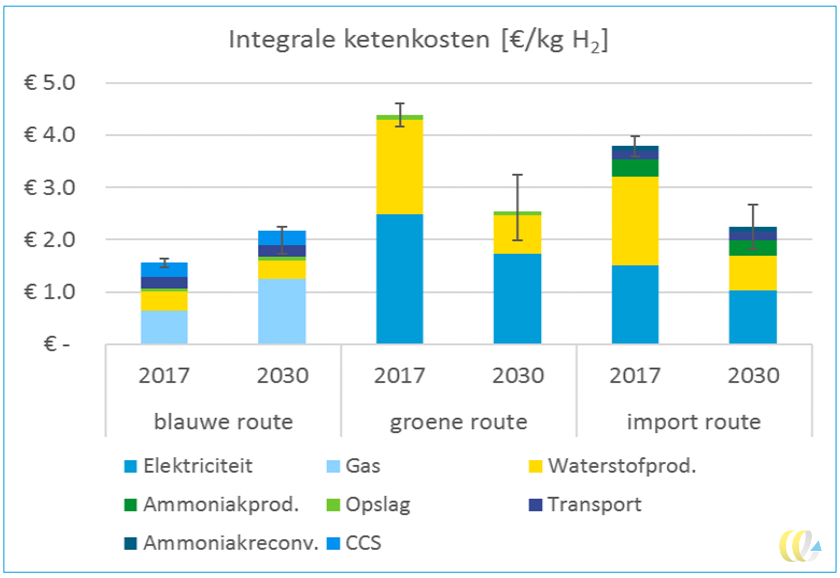
Figuur 21 - Route groene waterstof - import



[33] Alternatieven zijn bijvoorbeeld import van cryogene vloeibare waterstof, of import in de vorm van mierenzuur als waterstofdrager.

Welke route in 2050 favoriet is, is moeilijk te zeggen. Een analyse die CE Delft in juni 2018 heeft uitgevoerd geeft de volgende integrale kosten (van bron tot gebruiker) voor nu en 2030.

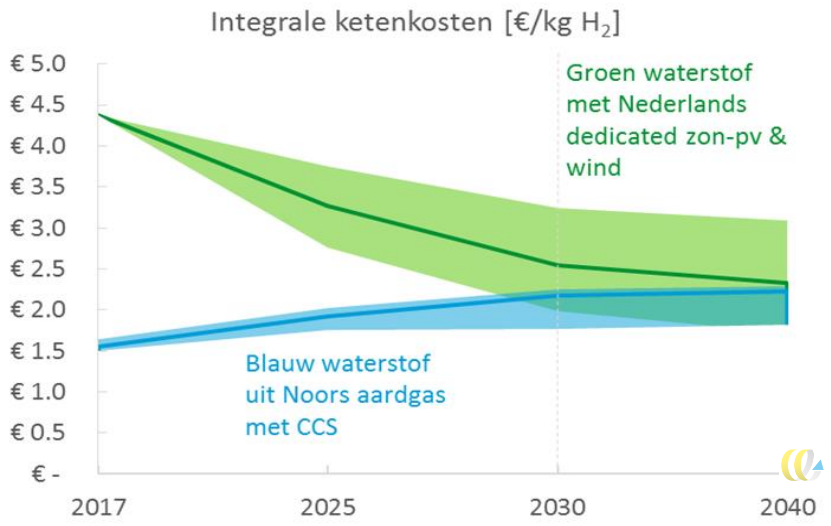
Figuur 22 - Integrale kosten productie/transport waterstof



De prijs van € 1,5 per kg waterstof komt overeen met € 10 per GJ terwijl aardgas voor de industrie (cijfers 2017) € 5 per GJ (€ 0,17 per Nm^3) kost.

De verwachting is dat de kosten van blauwe waterstof en groene waterstof dicht bij elkaar gaan komen, enerzijds door stijging van de aardgasprijs (WLO-scenario's) en anderzijds door kostprijs-verlaging bij de productie van groene waterstof (windturbines, zonnecellen, elektrolysers).

Figuur 23 - Ontwikkeling kosten waterstof



De conclusie die hieruit getrokken kan worden dat het onzeker is welke manier van waterstof-productie het gaat worden, het is een competitieve markt met veel onzekerheden.

D.3 Ontwikkelstappen waterstof in het NZKG

Voor het NoordZeeKanaalGebied zal waterstof bij diverse gebruikers noodzakelijk of wenselijk zijn. Niet al het aardgas zal vervangen worden door waterstof; deels kan de huidige aardgasvraag gedekt worden door elektrificatie of warmtelevering (gebouwde omgeving), maar anderzijds zullen ook nieuwe toepassingen ontstaan (vervoer). De verwachting is van de huidige 2,8 miljard m^3 aardgas die nu in het gebied wordt gebruikt, maximaal de helft zal leiden tot gebruik van waterstof (exclusief eventuele nieuwe productiefaciliteit van synthetische brandstoffen uit waterstof en CO_2). Daarnaast zal een deel van de transportbrandstoffen (benzine/diesel) voor zowel weg- als watertransport overschakelen van diesel naar waterstof.

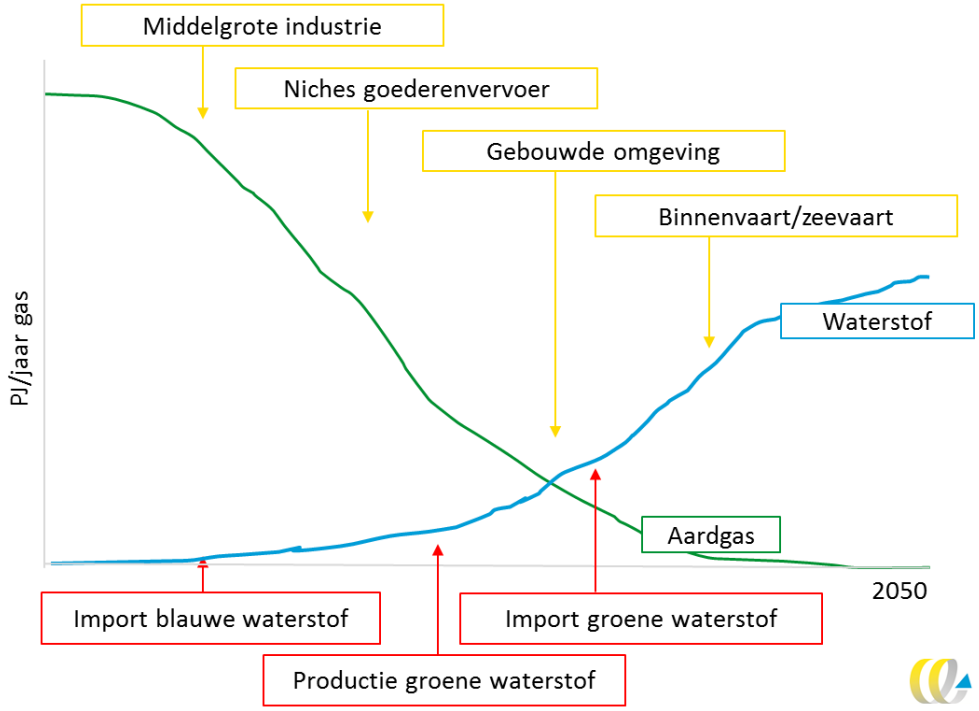
Om alle gebruikers maximaal te faciliteren om de overstap te maken zal in het hele gebied in 2050 een waterstofinfrastructuur moeten liggen. De uitdaging is om dit geleidelijk, stap voor stap, zonder grote risico's te realiseren. De overheden in het NZKG kunnen een belangrijke regierol vervullen door samen met koplopende industrieën, producenten van waterstof en de netbeheerders aan de hand van een routekaart waterstof NZKG de aardgasinfrastructuur om te bouwen naar een waterstof-infrastructuur.

Drie parallelle sporen zijn hiervoor nodig:

1. **Import/productie**
- import van blauwe waterstof met dekking van de onrendabele top;
- productie van waterstof uit elektriciteit (locatie Tata);
- import groene waterstof (Middellandse Zee of Noordzee).
2. **Gebruikers**
- eerst grote gebruikers die van het laagcalorische gas af moeten (zogenaamde 'brief van Wiebes');
- niches goederenvervoer en OV;
- gebouwde omgeving dat niet op warmtelevering kan worden aangesloten;
- zee/binnenvaart.
3. **Infrastructuur**
- ombouw aardgasnet volgt de hierboven genoemde gebruikers.

Visueel geeft dat het beeld dat in Figuur 24 is geschetst:

Figuur 24 - Ontwikkelstappen waterstof NZKG



Ter illustratie van de ontwikkelfase van groene waterstofproductie met elektrolyse en van de schaling die nog nodig is: het huidig opgesteld vermogen aan elektrolysers *in de gehele wereld* is circa 60 MW. Voor het Nederlandse Klimaatakkoordproces is vanuit het NZKG een voorstel voor een proefproject ingediend voor een elektrolyser van 100 MW. In discussies over de toekomstige productie van groene waterstof vanuit Wind op Zee in Nederland wordt gesproken over GigaWatten elektrolyservermogen.

E Over economische kansen en diensten

E.1 Introductie

In deze bijlage staan de verschillende geïdentificeerde economische kansen en energiediensten vanuit de energietransitie voor het NZKG nader beschreven en geanalyseerd. Deze bijlage hoort bij Hoofdstuk 4, 'Eerste verkenning economische kansen en diensten'.

E.2 Toelichting economische criteria

Als economische criteria om de impact op de regionale economie te scoren zijn geselecteerd:

Korte termijnvraag	Er moet al een duidelijke vraag zijn naar de energiedienst en investeringen moeten op korte termijn zicht geven op sluitende businesscase.
Lange termijnvraag	Door de unieke ligging, gevestigde bedrijven, arbeidsmarkt biedt het NZKG vestigingsplaatsvoordeel ten opzichte van andere (haven) gebieden. Hierdoor is er ook zich op lange termijnvraag.
Toegevoegde waarde per m^2	Dit criterium geeft de economische productiviteit per m^2 van het gebied weer. Brandstoffen doorvoeren zonder bewerking scoort bijvoorbeeld ongunstig op dit criterium, de brandstof bewerken en verwaarden gunstig.
Bijdrage aan energietransitie MRA	Hierbij gaat het om de vraag of de energiedienst ook een bijdrage kan leveren aan de energietransitie in een grotere omgeving, met name de MRA: is de dienst randvoorwaardelijk voor de energietransitie van een groter gebied (buiten NZKG)?

De scores zijn kwalitatief bepaald. Als legenda is daarbij gehanteerd:

++	sterk positief
+	positief
n.a.	neutraal
-	negatief
--	sterk negatief

E.3 CO_2-hergebruik en -opslag

Ontwikkelmogelijkheid

Voor Tata Steel en voor AEB zijn CO_2-afvang en vervolgens opslag en/of hergebruik vooralsnog de enige manier om klimaatneutraal te worden. Bij AEB gaat het in totaal om 1,7 Mton CO_2/jaar (totale emissie CO_2, waarvan 66% biogeen en dus kortcyclisch), bij Tata Steel om 6,3 Mton CO_2/jaar. Samen uiteindelijk een capaciteit van 8 Mton CO_2/jaar. Op de lange termijn zijn er ook andere opties mogelijk. AEB kan overschakelen op verbranding van uitsluitend biogeen afval. Het verliest daarmee wel zijn huidige rol in de afvalketen, namelijk het verbranden daarvan om er energie mee te produceren. In een 'afval is grondstof'-toekomst waarbij alle materialen volledig als materiaal of chemisch hergebruikt worden ligt dat anders. Tata Steel kan op lange termijn overschakelen op

waterstof als reductiemiddel voor het ijzererts en voor het produceren van de hoge temperaturen om het erts te smelten. Dat is op zijn minst tot 2030 nog niet aan de orde als mogelijkheid voor de staalsoorten die Tata produceert in IJmuiden, maar wel in 2050.

Er is nu al vraag naar CO_2 vanuit de glastuinbouw. De glastuinders vragen een hoge kwaliteit CO_2 en betalen ruim 50 euro per ton CO_2 als die in de kas wordt afgeleverd. Die belevering kan met vloeibare CO_2 via trucks, of door gasvormige CO_2 via de bestaande OCAP-leiding die nu loopt vanaf Rotterdam langs de grote glastuinbouwgebieden tot aan het Amsterdams havengebied. AEB kan via een relatief kleine uitbreiding van de OCAP-leiding daar op aangesloten worden. Het betekent een CO_2-reductie ten opzichte van de situatie waarbij tuinders aardgas verbranden voor zowel hun warmtebehoefte als hun CO_2-behoefte in de kassen. Daar moet bij worden opgemerkt dat de CO_2 zelf uiteindelijk grotendeels vanuit de kas de atmosfeer in gaat (hetgeen ook geldt voor CO_2 uit de eigen rookgas).
De totale behoefte aan CO_2 van de glastuinbouw in Nederland als geheel is grof geschat 2 Mton CO_2/jaar in het jaar 2030, in Noord- en Zuid-Holland is dat in totaal 1,2 Mton[34].
Daarnaast kunnen op de middellange de bouw en chemie gebruik gaan maken van CO_2 als grondstoffen in hun productieprocessen. In de bouw kan CO_2 chemisch gebonden worden in bouwblokken (compensatiesteen). Dit vormt een permanente vastlegging.
Andere toepassingen voor de CO_2 zijn bijvoorbeeld de productie van synthetische kerosine of andere synthetische brandstoffen of chemische grondstoffen zoals methanol. Daarvoor is ook klimaatneutrale waterstof nodig. En er geldt qua klimaatneutraliteit in essentie hetzelfde als voor levering van CO_2 aan de glastuinbouw: bij een synbrandstof komt de CO_2 bij verbranding uiteindelijk vrij in de atmosfeer. In dat geval is het wel een duidelijke verbetering ten opzichte van de huidige situatie, maar is niet klimaatneutraal. Het kan daarom als een transitiefase worden beschouwd. Zolang er geen duidelijke businesscase is voor die CCU-toepassing zal de CO_2 ondergronds worden opgeslagen (waarvoor overigens ook eerst een businesscase moet ontstaan. Met de huidige CO_2-prijzen in het EU ETS is dat nog niet het geval). Daarvoor is het CO_2-net in het NZKG nodig dat zich uitstrekt tot de lege gasvelden onder de Noordzee. De capaciteit van de lege gasvelden op het Nederlands continentaal plat voor opvang van CO_2 bedraagt in totaal 1.200 Mton. Met andere woorden: voor opslag van de 8 Mton/jaar CO_2 van AEB en Tata Steel tot 2050 is er geen opslagcapaciteitsprobleem. Het CO_2-net kan ook worden gebruikt om de industrieën op aan te sluiten die de CO_2 willen gebruiken voor bijvoorbeeld chemische grondstoffen of van synthetische brandstoffen.
Relevant voor de langere termijn is dat de verwachting is dat er uiteindelijk zogenaamde 'negatieve CO_2-emissies' nodig zijn om de CO_2-concentratie in de atmosfeer binnen acceptabele grenzen te houden. Negatieve emissies betekent dat de CO_2 wordt afgevangen uit de atmosfeer en permanent wordt verwijderd. Het biogene deel van de CO_2 in de emissies van AEB biedt die optie, die bekend staat als BECCS (BIoEnergie and Carbon Capture and Storage).

Het ruimtebeslag van de CO_2-leiding is gering. De OCAP-leiding zelf is er al. De verwachting is dat een op termijn ongebruikte olieleiding van IJmuiden naar Westpoort kan worden ingezet voor afvoer van de CO_2 naar lege gasvelden onder de Noordzee. Bij AEB en bij Tata Steel moet er wel een CO_2-afvanginstallatie worden gerealiseerd die ter plekke ruimte vergt. De CO_2-afvang vergt ook substantiële hoeveelheden warmte. Zowel AEB als Tata Steel hebben die warmte vanuit hun eigen processen beschikbaar.

Impacts op energie-infrastructuur

Aanleg CO_2-net en compressiestation ten behoeve van CCU en tevens compressie en zuiveringsinstallaties voor CCS.

[34] Bron: communicatie met LTO Glaskracht, 2017.

Ruimtelijke impact

Beperkt (leiding, deels al bestaand), plus afvanginstallaties bij AEB en Tata Steel. Bij hergebruik als chemische grondstof in plaats van in de glastuinbouw zijn chemische fabrieken nodig (en waterstof).

Economische impact

CO_2-hergebruik en -opslag heeft niet alleen duidelijke maatschappelijke baten voor de transitie van de emitterende bedrijven zelf (AEB, Tata), er is ook al op korte termijn een duidelijke vraag naar.
Dit betekent niet dat de businesscase direct sluitend is voor het afvangen van CO_2 bij deze bronnen, echter er is wel een duidelijk uitzicht om CO_2 af te zetten naar de glastuinbouw (gewasgroei), bijv. Aalsmeer en andere tuinbouwgebieden. Bij de glastuinbouw is er een duidelijk behoefte aan externe CO_2 om uiteindelijk van aardgasverbranding af te kunnen. De economische waarde en toepassing van een CO_2-net kan verder verbeterd worden met de combinatie van een CCS en een koppeling aan lege gas- en olievelden in de Noordzee.

Korte termijnvraag	+/n.a.
Lange termijnvraag	+/++
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	++

Handelingsperspectief overheden

Regie voeren op de totstandkoming van het CO_2-net, te beginnen met de aansluiting op de OCAP-leiding. Daarnaast ruimte reserveren voor tracés, en tijdige vergunningverlening. Zowel voor de CCS en CCU vanuit AEB als vanuit Tata Steel zijn plannen ingediend voor de lopende onderhandelingen van het Klimaatakkoord. Die zijn gericht op 2030 en beslaan een deel van de totale behoefte van uiteindelijk 8 Mton CO_2/jaar.

E.4 Recyclinghub (circulaire economie)

Ontwikkelmogelijkheid

De gemeenten van het NZKG zetten in op een circulaire economie. Hergebruik, recycling en terug-winning van grondstoffen zijn basis ingrediënten. Volledig circulair is zeker tot 2030 nog geen realiteit. Zo blijft er een geleidelijk in omvang afnemende stroom te verbranden stroom afval, waaruit voor verbranding en na verbranding nuttige stoffen gewonnen kunnen teruggewonnen, zoals metalen. Ook chemische recycling is een mogelijke optie voor een deel van de reststromen. De geleidelijk groeiende circulaire economie heeft ruimte en schaalgrootte nodig. Er is een geleidelijk groeiende marktvraag, aangestuurd door het beleid van Nederland en Europa. De activiteiten worden idealiter gelokaliseerd bij knooppunten van strategische infrastructuren. Denk aan elektriciteitsinfrastructuur, warmte-infrastructuur, een CO_2-net (zie voor de reden daarvoor het punt 'CO_2-hergebruik en -opslag', gasinfrastructuur, en wegen en vaarwegen voor afvoer en aanvoer van het materiaal. Symbioses tussen activiteiten horen hierbij, zoals die tussen de rioolwaterzuivering en het afvalenergiebedrijf in het Amsterdamse havengebied, en in het algemeen waarbij de reststromen van de ene activiteit de grondstof voor de andere zijn.

Vanwege het belang van het knooppunt van strategische infrastructuren is onze inschatting dat een recyclinghub in het NZKG ruimtelijk idealiter het beste gelokaliseerd kan worden in het gebied bij het afvalenergiebedrijf Amsterdam (AEB). Naast de al genoemde infrastructuren in dat gebied zijn er ook serieuze plannen voor realisatie van een stoomnet op die locatie met het AEB als bron, hetgeen de knooppuntstructuur nog verder zou versterken. Daarbij hoort wel de kanttekening dat de beschikbare ruimte in het gebied rond AEB beperkt is.

Impacts op energie-infrastructuur

(CO_2-net).

Ruimtelijke impact

Groot (nu 80 ha, naar grofweg verdubbeling, afhankelijk van de beschikbare ruimte).

Economische impact

Ook het recyclingscluster heeft een hoge toegevoegde waarde vanwege allerlei nieuwe economische activiteiten om afvalstromen in te zetten als grondstof voor nieuwe productieprocessen of als groene warmte voor woningbouw en bedrijven. Dit kan voor een hoge toegevoegde waarde per m^2 leiden. Het knooppunt van transport (weg, water) en energie-infrastructuur is een belangrijke randvoor-waarde hiervoor. Ook hier geldt dat op korte en lange termijn de vraag naar deze diensten al sterk kan groeien (denk aan huidige inzet van afvalenergiecentrales om bijvoorbeeld CO_2 af te vangen voor glastuinbouw[35]).

Korte termijnvraag	+/++
Lange termijnvraag	++
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	++

[35] HVC te Alkmaar start al met een proef om bio-CO_2 af te vangen voor glastuinbouw. Ook AEB heeft plannen in die richting.

Handelingsperspectief overheden

Ruimte reserveren op de beoogde locatie, en een actief vestigingsplaatsbeleid voeren voor bedrijven die passen in het beoogde profiel voor het gebied.

E.5 Warmte voor MRA

Ontwikkelmogelijkheid

Voor klimaatneutraliteit van de warmtevraag van de gebouwen en kassen in de MRA wordt ingezet op warmtelevering vanuit warmtenetten. Voor de MRA gaat het om 20-35 PJ per jaar. Amsterdam kent al twee grote warmtenetten, waarvan het westelijk net is ontwikkeld vanuit het AfvalEnergieBedrijf (AEB) als hoofdwarmtebron en eigendom is van Westpoort Warmte (WPW). Ook Orgaworld levert (biogene) warmte aan het WPW-net. Het WPW-net is inmiddels doorgetrokken naar Amsterdam-Noord. In Zaanstad is er een warmtenet in de wijk Saendelft bij Assendelft, en zijn er serieuze plannen voor een warmtenet in Zaandam Oost. In de IJmond zijn er serieuze plannen voor een warmtenet gevoed met warmte van Tata Steel. In de regio wordt nagedacht over een toekomstige grote regionale warmte 'backbone' onder de werknaam Grand Design Warmtenet MRA, er is een coalitie gevormd van vele stakeholders, en er functioneert een zware Stuurgroep Warmte/Koude MRA. De laatste inzichten zijn dat nu niet wordt ingezet op die grote 'backbone' maar eerst op kleinere netten zonder onderlinge koppeling. Als warmtebronnen wordt niet alleen gekeken naar industriële restwarmte maar ook naar geothermie als mogelijkheid en op termijn naar lagetemperatuurwarmte uit onder andere datacenters. Of de ondergrond geschikt is voor geothermie is nog niet bekend. Een glastuinder in Heemskerk heeft in een gebied met het label 'geschiktheid ondergrond onbekend' een succesvolle geothermieput gerealiseerd. Er loopt een onderzoek een die geschiktheid ook voor de andere gebiedsdelen, waaronder het NZKG, na te gaan. De uitkomst van dat onderzoek is gereed in 2020.

Impacts op energie-infrastructuur

Warmtenet, warmteproductie (geo, bio, rest).

Ruimtelijke impact

Leiding beperkt, de aanwezigheid van geothermiebronnen is nog onzeker.

Economische impact

Warmtetransport sec is een energiedienst met een beperkte toegevoegde waarde (feitelijk alleen doorvoer). De koppeling met warmteproductie (geothermie en bio-thermie) levert echter wel extra toegevoegde waarde voor de energiedienst zelf. Tevens is voldoende duurzame warmte cruciaal voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving van de MRA-regio. Dit vereist een grote productie-bijdrage aan duurzame warmte (circa 700 MWth) ten behoeve van het MRA-net. De verwachting is dat op dit moment de businesscase voldoende uitgewerkt / sluitend is met mogelijkheden tot SDE+-subsidie. Op korte termijn (richting 2020) kan er dan ook vraag worden verwacht.

Korte termijnvraag	+
Lange termijnvraag	++
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	++

Handelingsperspectief overheden

Al lopend: Stuurgroep Warmte/Koude MRA, onderzoek potenties geothermie (rapportage verwacht in 2020).

E.6 Offshore windparken, aanleg en onderhoud

Ontwikkelmogelijkheid

Op het Nederlands continentaal plat zijn reeds enkele offshore windparken gerealiseerd en komen er de komende decennia nog vele bij. Het door de Nederlandse overheid opgezette programma om tot kostenreductie te komen is succesvol, de kosten per kWh zijn sneller gedaald dan oorspronkelijk geraamd. Al die windparken moeten worden aangelegd en vervolgens onderhouden. Voor aanleg is ruimte nodig in de haven als uitvalsbasis voor de schepen, en is aan land, in havengebied, ruimte nodig voor opslag en assemblage van de molens, en daarnaast is er ruimte nodig voor fabricage van onderdelen. Ook voor het onderhoud aan de windparken is havenruimte nodig. In het NZKG is daar in AYOP-verband (Amsterdam-IJmuiden Offshore Ports) reeds een plan voor opgesteld. Het geraamde ruimtebeslag in het NZKG is in totaal 50 ha voor de onderhoudshaven, en in industriegebied HoogTij en in Havengebied Amsterdam voor assemblage, componentenopslag en onderdelenfabricage.

Impacts op energie-infrastructuur

n.v.t.

Ruimtelijke impact

In totaal circa 50 ha.

Economische impact

Aanleg en onderhoud van windparken op zee is een kansrijke nieuwe industriële activiteit in het NZKG, met uitbreiding van werkgelegenheid die ook blijvend is.

Korte termijnvraag	+/++
Lange termijnvraag	++
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	n.a.

Handelingsperspectief overheden

Ruimte reserveren, havenruimte geschikt maken voor onderhoudsschepen Wind op Zee.

E.7 Brandstofopslag (klimaatneutraal) voor Schiphol

Ontwikkelmogelijkheid

De kerosine die de vliegtuigen op Schiphol tanken wordt voor een groot deel via een pijplijn geleverd vanuit het NZKG, waarbij de opslagtanks in het NZKG staan. De productie van de kerosine vindt niet in het NZKG plaats.
De luchtvaart zal op termijn gebruik gaan maken van klimaatneutrale brandstoffen zoals biokerosine, en wellicht zelfs deels (voor de kortere afstanden) elektrisch worden. Vooralsnog is die ontwikkeling nog in pilotfase. Er worden enkele vluchten uitgevoerd met een deel biokerosine in de brandstof, landen als Zweden en Noorwegen hebben aangekondigd dat ze eisen gaan stellen aan de CO_2-emissies van binnenlandse vluchten per respectievelijk 2030 (Zweden: alle binnenlandse vluchten op klimaatneutrale brandstoffen in 2030) en 2040 (Noorwegen: alle binnenlandse vluchten elektrisch per 2040). Internationale luchtvaart is tot nu toe niet opgenomen in de nationale klimaatdoelstellingen maar door de snelle groei van de sector draagt de luchtvaart wel steeds meer bij aan de broeikasgasemissies. De sector heeft een eigen mondiaal emissiereductie plan dat voornamelijk gebaseerd is op compensatiemaatregelen, nog niet op reductie van de eigen emissies naar klimaatneutraal.
De verwachting is dat uiteindelijk, na 2030, ook de luchtvaart geleidelijk over zal gaan op klimaatneutrale energiedragers. In de transitiefase kan ook synthetische kerosine geproduceerd uit fossiele CO_2 die afgevangen wordt bij de industrie en uit klimaatneutrale waterstof een rol spelen. Die biokerosine en/of synkerosine kan dan worden opgeslagen en verhandeld in het NZKG. Daarvoor kan gebruik gemaakt worden van de huidige opslagtanks in het NZKG.

Impacts op energie-infrastructuur

N.v.t.

Ruimtelijke impact

In bestaande opslagtanks.

Economische impact

De verwachting is dat met name de korte termijn vraag nog niet heel gearticuleerd is, en dat een duidelijke economische bijdrage niet direct te verwachten is. Op lange termijn kunnen de klimaatneutrale brandstoffen wel een bijdrage aan de regionale economie hebben die met name zit in de urgentie om Schiphol te verduurzamen.

Korte termijnvraag	0
Lange termijnvraag	+
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	++

Handelingsperspectief overheden

De brandstoftransitie van het vliegverkeer vergt beleid van de nationale en Europese overheid, en in mondiaal verband, niet van de regionale overheden. De opslag van klimaatneutrale brandstoffen voor Schiphol op grotere schaal is een ontwikkeling voor de langere termijn (na 2030).

E.8 Biobased (chemie)

Ontwikkelmogelijkheid

Biobased chemie is een breed werkveld. Het idee dat hier voor ogen staat is één of meerdere installaties die zowel groene chemicals, als piekelektriciteit (300 MW) als warmte voor het warmtenet (300 MW) gaan leveren. De CO_2 wordt afgevangen en opgeslagen (of gebruikt ten behoeve van CCU) zodat een negatieve CO_2-emissie ontstaat van circa 1 Mton/jr. De benodigde duurzame biomassa-stromen (dunningshout, stro, invader bush, …) worden geïmporteerd. Dit is ook potentieel interessant voor het Havenbedrijf (op- en overslag van biomassa als grondstof voor gebruik in het gebied zelf). Realisatie kan plaatsvinden in de periode 2025-2030.

De investeringsrisico's liggen bij de hiervoor aan te trekken onderneming. Eventueel kan de regionale overheid risicodragend participeren of bepaalde risico's afdekken. De Gemeente Amsterdam kan via haar participatie in Westpoort Warmte bijvoorbeeld garanties afgeven voor de afname van de warmte.

Impacts op energie-infrastructuur

Aansluiting op warmtenet, elektriciteitsnet, CO_2-net.

Ruimtelijke impact

- medium (10 ha/fabriek);
- daarnaast import en op- en overslag biomassa.

Economische impact

Aanzienlijke korte termijn vraag is voor de biobased chemie niet te verwachten. Door de hoge toegevoegde waarde van de sector (bio-)chemie is de verwachting dat de biochemie een grotere bijdrage heeft dan brandstofproductie alleen. Per saldo is de economische bijdrage vergelijkbaar met brandstofproductie.

Korte termijnvraag	0
Lange termijnvraag	+
Toegevoegde waarde/m^2	++
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	+

Handelingsperspectief overheden

- ruimte reserveren;
- uitwerken van het project en vervolgens het aantrekken van een investeerder/ondernemer.

E.9 Elektriciteits-flexproductie (met waterstof)

Ontwikkelmogelijkheid

Het energiesysteem ontwikkelt zich naar een situatie met steeds grotere vermogens van aanbodgestuurd elektrisch vermogen van windenergie en zonne-energie (zon-PV). Voor de reductie van broeikasgasemissies is dat goed. Echter de wind waait niet altijd en ook de zon schijnt niet altijd. Naast aanbodgestuurd vermogen is er in het systeem daarom behoefte aan flexibiliteit in de vraag, en aan opslag om tijdelijke overschotten van elektriciteit op te slaan of om te zetten (bijvoorbeeld in waterstof, en als Power-to-Heat in de industrie). Én er blijft behoefte aan vraaggestuurd vermogen. Daarvoor zijn verschillende technische opties, waaronder uit opslag, maar ook van centrales met een klimaatneutrale brandstof zoals waterstof of biomassa. Het aantal 'draaiuren per jaar' van dat soort vraaggestuurd elektriciteitsvermogen is relatief laag (naar verwachting 1.800 u/jr (CE Delft, 2017)).
Uit bovenstaande beschrijving mag duidelijk zijn dat het elektriciteitssysteem de komende decennia ingrijpend gaat veranderen, dat er wel behoefte blijft aan vraaggestuurd vermogen, dat er verschillende technische opties zijn, en dat op voorhand niet met redelijke mate van zekerheid valt te voorspellen welke technieken als winnaar uit de bus gaan komen en hoeveel vermogen dat dan betreft. De vraag wáár dat vraaggestuurd vermogen dan precies moet staan in het elektriciteitsnet is nu niet te beantwoorden, en is ook minder relevant: het elektriciteitsnet fungeert in principe als 'koperen plaat' waarmee vraag en aanbod wordt verbonden, los van de precieze locatie van vraag en aanbod, hoewel er uiteraard wel fysieke grenzen zijn aan de transportcapaciteit van de netten.

Die ontwikkelingen in de energiemarkten raken ook de elektriciteitscentrales in het NZKG. Nuon heeft aangekondigd dat de kolengestookte Hemweg 8-centrale per 2025 zal sluiten, en dat de aardgasgestookte Hemweg 9 na 2030 zal worden omgebouwd naar klimaatneutrale waterstof als brandstof.
Voor de IJmond 1-centrale en de beide Velsen-eenheden, die alle drie grotendeels met hoogovengas worden gestookt (maar daarnaast ook een aansluiting hebben op het hoogcalorisch aardgasnet), hangt het toekomstbeeld af van wat Tata Steel uiteindelijk zal gaan doen met het hoogovengas.
De IJmond 1-centrale produceert naast elektriciteit ook processtoom voor Tata Steel, en de elektriciteitsproductie van de drie centrales wordt grotendeels, via het elektriciteitsnet, afgenomen door Tata Steel.
Er wordt door Tata Steel gezocht naar mogelijkheden om het hoogovengas anders te verwaarden dan door verbranding in de elektriciteitscentrales, bijvoorbeeld via een chemische route. Áls dat gebeurt kunnen de centrales, om klimaatneutraal te worden, overschakelen op waterstof als brandstof.
Het kan echter ook zijn dat er één of meer worden gesloten, afhankelijk van hoe de vraag van Tata Steel (naar processtoom en elektriciteit) en de elektriciteitsmarkt zich ontwikkelt en hoe de businesscases er uit zien.

Impacts op energie-infrastructuur

Omzetting van aardgasnet naar waterstofnet is hiervoor nodig (de bestaande aardgasgestookte elektriciteitscentrales zijn nu aangesloten op het hoogcalorisch aardgasnet). Logischerwijs krijgen de centrales ook een aansluiting op het warmtenet, t.b.v. productie voor de gebouwde omgeving in de MRA.

Ruimtelijke impact

Bestaande centrales. Aansluiting op warmtenet.

Economische impact

Voor waterstofproductie geldt dat korte termijn ontwikkelingen op dit moment nog erg onzeker zijn vanwege de enorme investeringskosten in waterstofproductie en de onzekerheid van afzet. Op langer termijn zal waterstof een onmisbare brandstof vormen voor verduurzaming van de warmtevraag van industriële processen. De toegevoegde waarde van alleen waterstofproductie is beperkt, maar indien er ook allerlei flexdiensten aan gekoppeld worden kan het economisch interessant worden.

Korte termijnvraag	0/+
Lange termijnvraag	+/++
Toegevoegde waarde/m^2	0/+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	+/++

Handelingsperspectief overheden

De omschakeling van aardgas naar waterstof voor de elektriciteitsproductie in het NKG speelt pas na 2030. De vraag naar de toekomst van het Hemwegterrein speelt nu al, maar staat los van de vraag naar de noodzaak van vraaggestuurd vermogen in het elektriciteitssysteem en waar dat vermogen dan precies moet staan.

E.10 Waterstofchemie/synthetische brandstoffen

Ontwikkelmogelijkheid

Ervan uitgaand dat er uiteindelijk een landelijke waterstoftransportinfrastructuur zal ontstaan, en een regionale distributie-infrastructuur, ten behoeve van de vraag naar waterstof vanuit de warmtevraag van de industrie en ten behoeve van de waterstofvraag van de transportsector, ontstaat er ook een mogelijkheid voor waterstofchemie. Er is nu al een kleine vraag vanuit Tata Steel naar waterstof, waarin wordt voorzien door steam reforming van aardgas op het Tata terrein, zogenaamd ‘grijze’ waterstof, waarbij de vrijkomende CO_2 in de atmosfeer wordt geloosd. In andere industriegebieden in Nederland, zoals bij stikstofkunstmestfabrieken en bij olieraffinaderijen, is reeds een grote bestaande vraag naar waterstof. Ook die wordt nu vervuld als grijze waterstof, via steam reforming van aardgas.

Er zijn plannen om ‘blauwe’ waterstof te produceren (reforming van aardgas, waarbij de CO_2 ondergronds wordt opgeslagen). Op langere termijn kan een businesscase ontstaan om ‘groene’ waterstof te produceren uit elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit. Dat laatste kan in Nederland, maar kan ook in andere landen, waarbij de waterstof in Nederland geïmporteerd kan worden, zie Bijlage D. We bevelen aan om in ieder geval in te zetten op de ontwikkeling van vraag en van infrastructuur in het NZKG (inclusief koppeling aan een landelijk waterstofnet), aangezien dat een belangrijk ingrediënt is voor klimaatneutraliteit van het NZKG. Initiatieven voor productie van groene waterstof in het gebied passen bij de lange termijn toekomst en kunnen worden gefaciliteerd.

De beschikbaarheid van waterstof in het gebied in combinatie met het CO_2-net maakt het in principe ook mogelijk om zogenaamde synthetische brandstoffen te gaan produceren in het gebied uit CO_2 en waterstof. Als dat uit geheel biogene CO_2 is, is het een klimaatneutrale brandstof, als het uit fossiele CO_2 is (zoals van TataSteel) is het een emissiereductie t.o.v. fossiele brandstof, maar nog niet klimaatneutraal, en daarmee een transitiepad.

Voor synfuels, zoals synthetische kerosine voor Schiphol, is op de kortere termijn geen businesscase. Op de langere termijn mogelijk wel.

Impacts op energie-infrastructuur

Waterstof, CO_2-net, ruimte.

Ruimtelijke impact

Medium (10 ha/fabriek).

Economische impact

De beoordeling van de economische impact is nu met name gebaseerd op de beperkte korte termijn vraag. Deze kan op langere termijn toenemen en het gebied biedt met afnemers en goede vestigingsplaatsfactoren (CO_2 in ruimte mate aanwezig, netinfra, zicht op goedkope aanlanding windstroom) voor waterstofchemie.

Korte termijnvraag	0
Lange termijnvraag	+/++
Toegevoegde waarde/m²	0/+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	+/++

Handelingsperspectief overheden

Reageren op ontwikkeling van de markt (ontstaan er businesscases of niet). Belangrijk is om de rand-voorwaarden in het gebied te scheppen: waterstofinfrastructuur met aansluiting op een landelijk waterstoftransportinfrastructuur, en een CO_2-net.

E.11 Brandstofproductie (klimaatneutraal) voor export

Ontwikkelmogelijkheid

Het NZKG is de grootste benzinehaven ter wereld. Er worden vloeibare brandstoffen geïmporteerd in het gebied, opgeslagen, gemengd, verhandeld, en weer geëxporteerd naar de gehele wereld.
Dit ondanks het feit dat er geen aardolieraffinaderijen in het gebied staan. Wel is er inmiddels op relatief kleine schaal sprake van biofuelproductie op basis van biogene reststromen.

De wereldmarkten voor fossiele vloeibare brandstoffen zullen ingrijpend gaan veranderen vanwege de energietransitie. Dat gaat geleidelijk. Het personenvervoer in de ontwikkelde landen en met name in en rond de steden elektrificeert. Daarentegen groeit de vraag naar benzineauto's in andere delen van de wereld. De EU heeft de afgelopen jaren een beleid gevoerd gericht op 10% duurzame energie in transport in 2020, dat vooral heeft geleid tot bijmenging van vloeibare biobrandstoffen (benzine en diesel). Dat beleid is weer bijgesteld toen negatieve duurzaamheidseffecten duidelijk werken, zoals ILUC (Indirect Land Use Change), en wordt nu meer gericht op geavanceerde biobrandstoffen uit reststromen, het aandeel landbouwgrondgebonden biobrandstoffen wordt afgebouwd.

De grootschalige productie van klimaatneutrale vloeibare biobrandstoffen voor de wereldmarkt is een potentiële ontwikkelmogelijkheid voor het NZKG. Dat vergt grootschalige biomassa-import. Het is een mogelijkheid die enerzijds past bij de grootschalige brandstofopslag in het NZKG en de positie van grootste benzinehaven van de wereld, maar anderzijds niet past bij hoe het NZKG zich tot nu heeft ontwikkeld, zonder die grootschalige productie. Kleinschaliger productie van biobrandstoffen (waaronder BioLNG), uit reststromen en zonder grootschalige import van 'ruwe' biomassa past wel goed bij de ontwikkelingen zoals voorzien bij het reeds beschreven recyclingcluster.

Impacts op energie infrastructuur

Ruimte, biomassa-import.

Ruimtelijke impact

Groot (veel of grote fabrieken).

Economische impact

De grootschalige productie van klimaatneutrale vloeibare biobrandstoffen voor de wereldmarkt is een potentiële ontwikkelmogelijkheid die veel grootschalige biomassa-import vraagt.
Op korte termijn is deze vraag weinig gearticuleerd en zijn er ook goede alternatieven in bijvoorbeeld de aanvoer- en verwerkingsmogelijkheden van biomassa in de Rotterdamse haven. Op de lange termijn gaat het om een ontwikkelmogelijkheid waar de concurrentie met andere havens nog steeds groot is. Uiteindelijk is de beoordeling van dit economisch criterium beperkt, te meer ook daar de bijdrage aan energietransitie weliswaar positief is maar niet bijzonder substantieel.

Korte termijnvraag	0
Lange termijnvraag	+
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	+

Handelingsperspectief overheden

Indien voor deze grootschalige ontwikkeloptie wordt gekozen: (veel) ruimte reserveren (tientallen ha) voor opslag van ruwe biomassa en voor de benodigde fabrieken.

E.12 Biomassatransport en -opslag

Ontwikkelmogelijkheid

De op- en overslag van steenkool in de Amsterdamse haven zal geleidelijk gaan verdwijnen. Die is nu circa 16 Mton per jaar, en daalt gestaag met enkele projecten per jaar. Het Havenbedrijf zet in op een steenkoolvrije haven in 2030. De Hemweg 8-centrale sluit per 2025, waarmee 10% van de op- en overslag van kolen wegvalt. De resterende 90% gaat naar het Duitse achterland, deels voor energieproductie, deels voor de staalindustrie.

Een ontwikkelmogelijkheid is om de huidige steenkool op- en overslag te vervangen door op- en overslag van houtige biomassa (chips en pellets). Eenzelfde ruimtebeslag betekent overigens wel een lagere energie-inhoud vanwege het verschil in energiedichtheid tussen steenkool en biomassa van ruwweg een Factor 3. Houtige biomassa kan worden ingezet voor bijvoorbeeld groene grondstof-productie, biofuelproductie, elektriciteitsproductie (met optie voor negatieve CO_2-emissies indien uitgerust met CCS), en stadsverwarming (idem).

Bij de ontwikkeloptie ‘Biobased chemie’ is reeds ingegaan op de mogelijkheid van een biofabriek in het NZKG voor productie van groene chemicaliën, warmte en piekelektriciteit. De optie die nu hier besproken wordt gaat over de grootschaliger op- en overleg voor het achterland.

De optie scoort laag op de economische parameters, onder andere omdat op- en overslag van bulkgoederen ruimte-intensief is.

Impacts op energie infrastructuur

Ruimte.

Ruimtelijke impact

Groot (opslagterreinen; huidige opslag steenkool).

Economische impact

Met name opslag en overslag van biomassa is een activiteit met beperkte toegevoegde waarde voor het gebied zelf. Ook verwachten wij niet dat de korte termijn er al nieuwe bedrijven zich aandienen, met name ook vanwege de status van alternatieve havens.

Korte termijnvraag	0
Lange termijnvraag	+
Toegevoegde waarde/m^2	0/+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	+

Handelingsperspectief overheden

Indien voor deze grootschalige ontwikkeloptie wordt gekozen: (veel) ruimte reserveren (tientallen ha) voor op- en overslag van ruwe biomassa ten behoeve van doorvoer naar het achterland.

E.13 Elektrometaal

Ontwikkelmogelijkheid

Vanuit het beeld dat de aanlanding van Wind op Zee aan de kust fors zal toenemen en dat afvoer van de overtollige elektriciteit naar het achterland ruimtelijke inpassingsproblemen oplevert is er een mogelijkheid om elektriciteitsvragende industrie aan de kust te ontwikkelen. Eén van de opties is ‘elektrometaal’, waarbij schroot wordt gesmolten met elektriciteit. Dat komt niet in de plaats van Tata Staal (dat zelf overigens ook al voor een deel schroot gebruikt als grondstof), maar is dan een extra metaalrecycleactiviteit in het NZKG. Schrootsmelterijen richten zich op markten die andere staalkwaliteiten vragen dan de markten waar Tata Steel op is gericht.

De score op de economische parameters is laag, vanwege het grote ruimtebeslag en omdat de activiteit geen bijdrage levert aan de energietransitie van de omgeving van het NZKG.

Impacts op energie infrastructuur

Elektriciteitsnet, ruimte.

Ruimtelijke impact

Groot (fabriek + opslagterrein).

Economische impact

De beoordeling van de activiteit elektrometaal in aanvulling op Tata Staal is beperkt met name vanwege het ontbreken van een duidelijk perspectief op korte termijn. Ook is de betekenis voor de omgeving van NZKG naar verwachting beperkt tot nihil.

Korte termijnvraag	0
Lange termijnvraag	+/++
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	0

Handelingsperspectief overheden

Ruimte reserveren, bedrijven aantrekken.

E.14 Vergroening binnenvaartcorridors

Ontwikkelmogelijkheid

De binnenvaart staat bekend als sector die moeilijk klimaatneutraal te maken is. Veel relatief kleine partijen, smalle financiële marges en sterke concurrentie, grensoverschrijdend, lange levensduren van motoren (30 jaar) en verschillende technische mogelijkheden zijn enkele van de ingrediënten van de puzzel. Moet er worden ingezet op biofuels, op BioLNG, op elektrisch? En bij elektrisch is er nog de mogelijkheid om elektriciteit te ‘tanken’ of voor waterstof in combinatie met een brandstofcel. Welke techniek de overhand krijgt is nu niet te zeggen. Gezien de lange levensduren van de motoren is de verwachting dat verschillende energiesystemen enige decennia parallel naast elkaar zullen bestaan. De havens kunnen ieder voor zich zorgen voor beleid zoals differentiatie van havengelden om koplopers te belonen, voor milieuzones, en dat er tankinfrastructuur is. In corridorverband kunnen met vervoerders en verladers afspraken worden gemaakt over de vergroening van de binnenvaart.

Impacts op energie infrastructuur

Afhankelijk van welke energiedragers/brandstoffen worden ingezet. (Bio)LNG wordt per bunkerschip geleverd. Voor waterstof is een waterstofinfrastructuur in het gebied nodig, zoals geadviseerd als één van de basisstappen in de energietransitie van het NZKG. Voor elektriciteit ‘tanken’ is mogelijk verzwaring van de elektriciteitsinfrastructuur nodig, hetgeen meegenomen kan worden in de regievoering daarover.

Ruimtelijke impact

Beperkt.

Economische impact

Met name vanwege de grote betekenis voor verduurzaming van de binnenvaart van de corridor-benadering, is de beoordeling een stuk gunstiger dan ‘elektrometaal’. Op korte termijn is het nog onduidelijk hoe snel ‘vergroening’ zal aanvangen, niet uit te sluiten is dat een aantal technologische ontwikkeling (waaronder emissieloze scheepvaart) sneller aantrekkelijk zullen worden.

Korte termijnvraag	n.a.
Lange termijnvraag	+
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	++

Handelingsperspectief overheden

Regie voeren, komen tot afspraken met andere overheden in de corridor en met marktpartijen. Er is al een dergelijk initiatief gestart vanuit provincie Gelderland. Daarnaast kan in het NZKG gestuurd worden met differentiatie van havengelden zodat koplopers een financieel voordeel krijgen.

E.15 Lokale hernieuwbare elektriciteitsproductie (met name Wind op Land)

Ontwikkelmogelijkheid

De gemeenten in het NZKG (zoals Zaanstad, Beverwijk, Velsen, Amsterdam) hebben plannen voor windturbines in het NZKG, of ruimer geformuleerd: voor lokale hernieuwbare elektriciteitsproductie (waaronder ook zonne-energie). Een reden om in te zetten op Wind op Land is dat het één van de goedkoopste vormen van hernieuwbare energie is, en bovendien zichtbaar maakt dat de gemeente werk maakt van hernieuwbare energie. De kwestie Wind op Land ligt gevoelig in de Provincie Noord-Holland.
Om de nationale doelen op het gebied van duurzame energie te kunnen halen (de Europese taak-stelling voor Nederland van 14% in 2020, dat is overgenomen in het Nationaal Energieakkoord met als nationale toevoeging dat dat 16% in 2023 moet zijn) zijn alle opties nodig, ook maximale inzet op Wind op Land. Op de langere termijn zal de productie van Wind op Zee die van Wind op Land gaan overvleugelen.

Belangrijk om in het achterhoofd te houden is dat een keuze voor een windturbine op een bepaalde locatie niet betekent dat die locatie voor altijd vast ligt. Bij grote investeringen in fabrieken of zware infrastructuren, met afschrijftermijnen van vele decennia, is dat wel het geval. Voor windenergie is het in principe mogelijk om kavels voor vijftien jaar uit te geven. Daarna is de turbine afgeschreven en kan in principe worden gekozen om die niet te vervangen als besloten wordt voor een andere inrichting van de ruimte.

Impacts op energie infrastructuur

Soms verzwaring van elektriciteitsinfrastructuur nodig, afhankelijk van de plaats van de windturbines en de beschikbare capaciteit op de onderstations.

Ruimtelijke impact

Afhankelijk van de opstelling. Vanuit de regelgeving voor geluid en veiligheid moet de afstand van woningen tot de turbine tenminste 400 m zijn, van bedrijven 150 m, en vaarwegen 50 m.
De ruimtelijke impacts op het gebied is daarmee sterk afhankelijk van de precieze inpassing.

Economische impact

Wind op land (WOL) is zeker na de laatste aanbesteding van Hollandse Kust (subsidieloze aanbesteding) een duurdere manier van opwek dan Wind op Zee (WOZ) . Bedacht moet wel worden dat de kosten van Tennet voor de aansluiting van windparken op zee (globaal 1,5€c/kWh) nog eens boven de ‘kostprijs’ komen van WOZ, terwijl die doorgaans al in de kostprijsberekening van een

windpark op land verwerkt zit. De verschillen zitten in de grotere schaalomvang van WOZ en de gemiddelde windsnelheid die op zee hoger ligt. De infrakosten voor WOZ zijn uiteraard fors hoger. De verwachting is dat de toekomstige kostprijs van WOL in navolging van WOZ verder omlaag zal gaan. Schattingen komen uit op 30% tot 40% daling. Economisch gezien zal ook Wind op Land in de periode 2020 tot 2030 kosteneffectief kunnen worden. Op dit moment is er vanuit de SDE+ een vergoeding voor de onrendabele top. Zowel op de korte en lange termijn zal er dus een duidelijke vraag naar locaties voor windturbines in lijn of andere opstellingen te verwachten zijn. Ook de bijdrage aan de energietransitie in het grotere gebied is positief.

Korte termijnvraag	+
Lange termijnvraag	+
Toegevoegde waarde/m^2	+
Bijdrage aan energietransitie van omgeving NZKG	+

Handelingsperspectief overheden

Ruimte reserveren, vergunningverlening.

E.16 CO_2-effecten

Naast de ruimtelijke effecten en de effecten op de economische parameters is ook, waar mogelijk, de CO_2-emissiereductie bepaald. Belangrijk om hierbij in het achterhoofd te houden is dat de cijfers in de tabel soms betrekking hebben op CO_2-emissiereductie in het NZKG zelf, soms op emissiereducties buiten het NZKG (zoals bij warmtelevering de bebouwing in de MRA), en soms geheel of gedeeltelijk op keteneffecten (zoals bij de biofabriek die ook groene chemicaliën produceert).

Tabel 10 - Effecten op CO_2-emissiereductie van de mogelijke energiediensten en kansen

Energiediensten en kansen	**CO_2-reductie (per jaar)**
CO_2-hergebruik en opslag	8 Mton (Tata en AEB)
Recyclinghub rond afvalenergiecluster	Indirect, in de ketens
Warmte voor MRA	1-2 Mton
Offshore windparken, aanleg en onderhoud	0
Brandstofopslag (klimaatneutraal) voor o.a. Schiphol	Afhankelijk van omvang, potentieel groot
Biobased (chemie), biofabriek	1,7 Mton per fabriek
Elektriciteitsflexproductie (met waterstof)	8 Mton (Hemweg 9, Velsen-cluster)
Vergroening binnenvaart	270 kton (indien volledig groen)
Lokale hernieuwbare elektriciteitsproductie	4 kton (voor 3 MW turbine)
Waterstofchemie/synthetische brandstof	Afhankelijk van omvang, potentieel groot
Brandstofproductie (klimaatneutraal) export	Afhankelijk van omvang, potentieel groot
Biomassa transport en opslag	0 (transport en opslag zorgen niet voor reductie, dat gebeurt pas bij inzet en is afhankelijk van soort inzet)
Elektrometaal	Verdringt ruw staalproductie.

Noten bij de CO_2-cijfers in de tabel:

- De genoemde 8 Mton bij CO_2-net is de volledige CO_2-emissie van Tata Steel en AEB, er van uitgaand dat deze op termijn alle CO_2 zullen afvangen, om klimaatneutraal te worden.
- De emissiereductie bij 'Warmte MRA' is gebaseerd op aardgasverdringing in de gebouwde omgeving van de MRA.

- De CO_2-reductie van hernieuwbare elektriciteit hangt af van het peiljaar, aangezien het aandeel fossiel gestookte productie (en zonder CCS) afneemt en op de langere termijn extra hernieuwbare productie geen fossiele emissies meer verdringt. In de som in de tabel is uitgegaan van de huidige situatie.
- De 270 kton emissie binnenvaart is gebaseerd op het brandstofgebruik van de binnenvaart op het grondgebied van de gemeente Amsterdam, vanuit de landelijke Klimaatmonitor.
- Voor een aantal onderdelen in de tabel was het niet mogelijk een CO_2-emissiereductie te bepalen omdat die sterk afhangt van de omvang van installaties en vooral ook van de soort inzet en de keteneffecten daarvan.

F Over de ontwikkelrichtingen

F.1 Introductie

De berekeningen van ruimtebeslag, investeringen en werkgelegenheid in Hoofdstuk 5 zijn gebaseerd op gerealiseerde projecten of op soortgelijke projecten elders. Er is steeds gezocht naar informatie die aansluit bij de schaalgrootte van de ontwikkelrichtingen in Hoofdstuk 5, en waar nodig is gemiddeld over verschillende projecten. In deze Bijlage staat nadere informatie opgenomen over die referentieprojecten. Het voert te ver om hier ook alle gedetailleerde berekeningen aan bijvoorbeeld energie- en grondstofbalansen uit te schrijven.

F.2 Achtergrondinformatie bij de gehanteerde cijfers

F.2.1 Beschouwde productieroutes

Er is globaal ingeschat hoeveel ruimte nodig zou zijn en welke investeringen en operationele kosten gemoeid zouden zijn met productie van chemicaliën en brandstoffen op basis van kooldioxide (CO_2) en van koolmonoxide (CO).
De beschouwde processen betreffen:
- productie van methanol;
- productie van kerosine via Fischer-Tropsch synthese;
- Productie van ethanol via CO-fermentatie.

Methanol kan eventueel verder worden verwerkt tot brandstoffen of chemische grondstoffen. Ethanol kan worden omgezet in etheen, dat weer kan worden gebruikt als grondstof voor een scala aan andere chemische grondstoffen.

Niet al deze routes zijn overigens mogelijk of zijn nog niet op commerciële schaal beschikbaar (zie ook Tabel 11):
- Methanolproductie op basis van CO_2 is gedemonstreerd bij CRI op IJsland[36] in een pre-commerciële installatie met een productiecapaciteit van 4.000 ton methanol per jaar. Voor productie op commerciële schaal (5.000 – 10.000 ton/dag) is een opschaling nodig met een factor 100 of meer.
- De benodigde technologie verschilt van de standaard technologie voor methanolproductie op basis van CO omdat per eenheid methanol meer water wordt geproduceerd.
- Fischer-Tropsch synthese van koolwaterstoffen uit CO_2 is alleen nog gedemonstreerd met pilot-installaties.
- Fermentatie van CO_2 tot ethanol is niet mogelijk bij de huidige stand der techniek.
- Productie van methanol en Fischer-Tropsch producten op basis van CO is standaard technologie.
- Fermentatie van CO naar ethanol is alleen nog gedemonstreerd in een pre-commerciële demonstratie installatie met een productiecapaciteit van enkele honderden tonnen per jaar. Een installatie met een productiecapaciteit van 33-70 miljoen liter ethanol is in aanbouw bij ArcelorMittal in Gent.

[36] Zie http://carbonrecycling.is/

Gebruik van oxygas en hoogovengas als grondstof voor chemicaliën is geen standaard concept. Onderzoek naar de benodigde combinatie(s) van technologieën nodig om uit deze mengsels van gassen de gewenste componenten af te scheiden voor gebruik als grondstof in chemische processen is deels pas recentelijk gestart (zie ook Figuur 25)[37]. Aan de andere kant opereerde Kobe Steel al in 1989/1990 diverse zogenaamde CO-PSA installaties voor terugwinnen van CO uit oxygas bij haar staalfabrieken in Japan om de CO te kunnen gebruiken als grondstof[38].

Tabel 11 - Stand van technische ontwikkeling van beschouwde routes, uitgedrukt in Technology Readiness Levels (TRL)

	CO	CO_2
Methanol (MeOH)	TRL 9	TRL 6 - 7
Fischer-Tropsch (FT)-kerosine	TRL 9	TRL 3 - 4 ?
Ethanol (EtOH via fermentatie)	TRL 5	Niet mogelijk
TRL 9 = commercieel volwassentechnologie TRL 6 = demo-installatie, pre-commerciële schaal TRL 5 = pilot-installatie – kleinschalige industriële installatie voor demonstreren van het concept TRL 4 = benchscale-installatie – opstelling in een laboratorium		

Voor uitleg over de definities van TRL-niveaus zie bijvoorbeeld: www.gov.uk/government/news/guidance-on-technology-readiness-levels

Figuur 25 - Aankomst van een pilot scheidingsinstallatie voor hoogovengas bij ArcelorMittal in Gent, 10 augustus 2018

Daarnaast is ook methanolproductie en kerosineproductie op basis van biomassavergassing beschouwd. Biomassa wordt beschouwd als een mogelijke hernieuwbare grondstof voor chemische

[37] Dit geldt overigens niet voor gebruik van kooksovengas. Kunstmestproductie bij Yara Sluiskil en tot in de jaren 90 bij DSM in IJmuiden hielden rechtstreeks verband met de lokale beschikbaarheid van waterstofrijk kooksovengas. Ook vandaag de dag nog wordt kooksovengas in met name China gebruikt als grondstof voor ammoniakproductie en methanolproductie -zie EIPPC BAT REF document voor staalproductie, Paragraaf 5.1.4 Coke oven gas treatment.

[38] Zie https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/095042149180031Y

grondstoffen en als grondstof voor vervanger van fossiele transportbrandstoffen. Er is daarbij uitgegaan van industriële houtpellets omdat dit een certificeerbaar standaard handelsproduct is dat over grote afstanden kan worden getransporteerd en waarvoor een grote productiecapaciteit van tientallen megatonnen per jaar bestaat.

Ook vergassing van biomassa voor productie van methanol en kerosine zijn nog technologieën in ontwikkeling met een TRL-niveau van 6-8. Enerkem's afval-naar-methanol concept is het eerste op commerciële schaal beschikbare concept.

F.2.2 Ruimtebeslag

Het benodigde ruimtebeslag is geschat voor 2,5 Mton/jaar aan CO en voor 3,0 Mton/jaar aan CO_2, afkomstig uit hoogovengas en oxygas, aangezien dit in het NZKG de voornaamste bronnen zijn van af te vangen - en mogelijk in grondstof om te zetten - CO_2 en CO. Beide procesgassen worden nu hoofdzakelijk aan NUON geleverd als brandstof voor de Velsen-elektriciteitscentrales.

Tabel 12 - Schatting benodigd oppervlak voor conversie van CO en CO_2 uit hoogovengas en oxygas naar methanol en Fischer-Tropsch-kerosine. Cijfers zijn voor verwerking van 3,0 Mton/jr aan CO_2 of 2,5 Mton/jr aan CO.

	Methanol productie		Fischer-Tropsch kerosine[39] productie	
	Voor CO_2	Voor CO	Voor CO_2	Voor CO
- productie Mton/jaar;	2,2	2,8	1,0	1,2
- H_2-behoefte, PJ/jaar;	48,7	42,3	50,1	44,0
- benodigd oppervlak, ha.				
a methanol of FT-fabriek;	11	14	41	54
b H_2-fabriek.	9	8	9	8
Totaal oppervlak (ha)	20	22	50	62
Benodigd oppervlak bij inzet biomassa (ha)				
- biomassavergassers + logistiek;	152	198	154	200
- methanol of FT-fabriek.	11	14	41	54

De inschattingen zijn gebaseerd op praktijkvoorbeelden zoals:
- de Petronas Chemicals Malaysia plant Labuan 2 methanolfabriek (productiecapaciteit 1,7 Mton/jaar);
- de Oryx en Pearl FT fabrieken in Qatar;
- en de CO_2-afvanginstallatie (1,5 Mton/jaar) bij de WA Parish Generating Station in Texas, Verenigde Staten.

Ter vergelijking is in de tabel ook het ruimtebeslag gegeven wanneer dezelfde hoeveelheden methanol en kerosine zouden worden geproduceerd op basis van industriële houtpellets[40].
In synthesegas aanwezige (biogene) CO_2 wordt daarbij overigens verwijderd en niet benut.
Het ruimtebeslag is geschat aan de hand van het Wood Spirit initiatief dat bij BioMCN in Delfzijl had moeten worden gerealiseerd.

[39] Als dodecaan, $C_{12}H_{26}$.

[40] Toevoer van biomassa in een vorm met hogere energiedichtheid – bijvoorbeeld pyrolyse-olie – geeft een reductie van ongeveer 50% van het benodigde oppervlak.

F.2.3 Investeringskentallen en werkgelegenheidkentallen[41]

De volgende investeringskentallen en werkgelegenheidskentallen zijn gehanteerd:

Tabel 13 - Kentallen investeringen en werkgelegenheid

	Eenmalige investering in M€	Bij productiecapaciteit (in Mton/jaar output) van:	Permanente arbeidsplaatsen (fte)
Methanolproductie	1.000	1,79	108
Fischer-Tropsch kerosine	1.090	1,68	250
BioMCN (productie biobased brandstof)	500	0,41	100

Grootschalige waterstofproductie met elektrolyse vergt een investering van € 450/kWe (met kWe = het elektrisch inputvermogen). Bruikbare Informatie over arbeidsplaatsen is niet bekend voor die schaalgroottes.

[41] Permanente arbeidsplaatsen, niet de eenmalige arbeid in de aanlegfase.

G Eerste aanzet indicatieve zonering

Deze tekst is integraal overgenomen uit de memo “1e aanzet Indicatieve zonering bij installaties en infrastructuur vanwege de energietransitie voor de milieuthema’s geluid, lucht en externe veiligheid” d.d. september 2018 die Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied heeft opgesteld in opdracht van Projectbureau Noordzeekanaalgebied. Aan de informatie in het stuk kunnen geen rechten worden ontleend.

G.1 Inleiding

G.1.1 Aanleiding

Het conceptrapport ‘Ontwikkelstrategie Energietransitie NZKG -Kansen en acties, nu en later’ omvat een overkoepelende integrale ontwikkelstrategie voor de energietransitie van het Noordzeekanaal-gebied als geheel. Het Projectbureau Noordzeekanaalgebied heeft aan de OD NZKG gevraagd om te adviseren over aan te houden indicatieve milieuzones vanwege de installaties en infrastructuur die in het Noordzeekanaalgebied verder zullen worden uitgebreid of gerealiseerd zullen worden.

Op basis van dit onderzoek en de aanvullende vragen door CE Delft, heeft de OD NZKG door haar oogharen bekeken welke activiteiten en infrastructuur in het Noordzeekanaalgebied verder uitgebreid of gerealiseerd zullen worden vanwege energietransitie.

G.1.2 1e Indicatieve afstanden

In deze memo wordt een 1e aanzet gegeven voor indicatieve zones op basis van de VNG- publicatie Bedrijven en Milieuzonering/Bijlage 1 gecombineerd met expertise binnen de OD NZKG voor activiteiten vanwege energietransitie. Een voorbehoud bij de indeling in deze publicatie is dat de activiteit op basis waarvan VNG tot de indeling is gekomen, niet kan worden bezocht waardoor niet duidelijk is hoe de activiteit in de VNG publicatie eruit ziet (referentiesituatie). Deze indicatieve afstanden gelden vanaf het hart of het emissiepunt -lucht- van de activiteit.

Conclusie is dat veel activiteiten die in deze memo worden genoemd niet één op één te vinden zijn in de VNG-publicatie. Er is door de OD NZKG een ‘vertaling’ gemaakt van de activiteiten die ontstaan naar bedrijven die genoemd worden in het VNG- boekje/Bijlage 1 rustig woongebied met toevoeging van expertise binnen de OD NZKG.

Bijlage 1 van het VNG boekje betreft de indicatieve zonering van activiteiten die gevestigd worden in een rustig woongebied t.o.v. gevoelige objecten. De milieuthema’s die worden beschouwd zijn gevaar, geluid, geur/stof. De genoemde zoneringen in Bijlage 1 mogen voor de milieuthema’s lucht, geur of geluid met één stap worden verlaagd als er sprake is van een gemengd gebied waar in principe overal rondom het Noordzeekanaalgebied sprake van is. Het milieuthema externe veiligheid -gevaar- mag niet worden afgeschaald.

Naast de maatgevende afstand van een milieuthema voor een activiteit, mogen de overige indicatieve afstanden voor de andere milieuthema’s niet uit het oog verloren worden. In deze memo is de verlaging van met één afstandsstap niet uitgevoerd.

Tabel 14 - Richtafstanden voor bedrijfsactiviteiten en mogelijke verlaging met één afstandsstap van indicatieve zonering lucht en geluid uit Bijlage 1 VNG boekje

Milieucategorie	Richtafstand omgevingstype rustige woonwijk en rustig buitengebied -m.-	Richtafstand tot omgevingstype gemengd gebied -m.-
1	10	0
2	30	10
3.1	50	30
3.2	100	50
4.1	200	100
4.2	300	200
5.1	500	300
5.2	700	500
5.3	1.000	700
6	1.500	1.000

Indicatieve zonering vanwege andere milieuthema's als -electro-magnetische velden, brandveiligheid -voorbeeld effect uit laten branden van biovergistingsinstallaties- , waterveiligheid -overstromingsrisico's-, mogelijke effecten vanwege natuurregelgeving en mogelijke milieu-effecten tussen activiteiten van meerdere bedrijven of tussen activiteiten binnen het bedrijf -domino-effect- maken geen onderdeel uit van de VNG-publicatie en van deze memo m.u.v. -electro-magnetische velden. Ook maakt de beschikbaarheid van routes vervoer gevaarlijke stoffen geen onderdeel uit van de publicatie.

Een laatste kanttekening is dat de techniek bij een aantal activiteiten vanwege energietransitie nog niet uit is ontwikkeld. Er is bijvoorbeeld discussie over de wijze waarop grootschalige opslag en transport van waterstofgas zal gaan plaatsvinden.

G.2 Situationele beoordeling

De aard en omvang van de activiteit en de invulling van de maatregelen -voorbeeld denox installaties, geurinstallaties, wijze van opslag van waterstofgas etc.- zijn per activiteit bepalend voor de aan te houden afstanden vanwege de milieu-aspecten geluid, externe veiligheid, lucht/geur -en elektromagnetische velden-, al dan niet behorend op een gezoneerd industrieterrein. De situationele aan te houden zonering zal veelal kleiner zijn dan de zonering zoals vermeld in de VNG-publicatie, maar kan ook groter uitvallen (voorbeeld een activiteit is niet -volledig- inpandig of vindt plaats in een ongeïsoleerd gebouw).

Daarnaast kunnen er tussen de activiteit en gevoelige objecten maatregelen genomen worden of bij de gevoelige/ kwetsbare objecten technische maatregelen -afscherming- worden genomen dan wel juridische mogelijkheden worden benut (bijvoorbeeld hogere gevelbelasting toestaan). Ook kan er veelal binnen het bedrijf gezocht worden naar de meest ideale plek voor een bepaalde activiteit of op een bedrijven/ industrieterrein (inwaarts zoneren).

Op basis van onderzoeken -berekeningen- per initiatief kan privaatrechtelijk (in geval van grond-uitgifte of anterieure overeenkomsten) door de gemeente dan wel publiekrechtelijk (door de Omgevingsdiensten op basis van de Wet milieubeheer, bevoegd gezag provincie of gemeenten) nauwkeurig worden bepaald welke afstand een specifieke activiteit behoeft vanwege milieuthema's. Voor bijvoorbeeld externe veiligheid moeten door het bedrijf berekeningen worden aangeleverd voor plaatsgebonden en groepsrisico.

Met andere woorden aan de indicatieve afstanden die worden genoemd in deze memo, mag niet -teveel- waarde worden gehecht. Het draait om de rechten en plichten die situationeel worden vastgelegd in de Omgevingsvergunning Milieu per activiteit of bedrijf.

Mogelijke effecten op het terrein van brandveiligheid, -elektro-magnetische velden, waterveiligheid, natuurregelgeving en domino-effect worden in het kader van de Wet milieubeheer meegenomen.

Per activiteit moet dus samen gevat worden beschouwd welke afstanden van toepassing zijn. Hierbij kan de activiteit in relatie tot het gevoelige object achtereenvolgens worden beschouwd in de volgende onderdelen:

1 Aard en samenstelling van de grondstof.
2 Wijze van aanvoer van de grondstof.
3 Wijze van opslag van de grondstof.
4 Verwerkings-/ productieproces(sen) inclusief maatregelen.
5 Aard en samenstelling van product(en).
6 Wijze van opslag van product(en).
7 Wijze van afvoer van producten.
8 Eventuele maatregelen tussen het gevoelig object en de activiteit en juridische en/of technische maatregelen bij het gevoelig object.

De situationele analyse in het kader van de Wet milieubeheer leidt er in bestemmingsplannen toe dat er bij de vestiging van een installatie gemotiveerd kan worden afgeweken van de indicatieve aan te houden zonering zoals vastgelegd in de VNG-publicatie.

G.3 Omgevingswet

De rijksoverheid wil per 1/1/2020 de Omgevingswet in werking laten treden. Hier zullen de Wet op de Ruimtelijke Ordening, de Wet milieubeheer en de Wet geluidhinder in op gaan. Conclusie is dat de energietransitie met bijbehorende installaties en infrastructuur zich grotendeels onder dit regime zal afspelen. De VNG-publicatie is onder dit nieuwe regime niet langer van toepassing omdat de Omgevingswet meer en flexibelere lokale afwegingsruimte wil bieden aan het lokale bevoegde gezag. Er wordt op dit moment door de rijksoverheid nog nagedacht over de wijze waarop de zonering van bepaalde installaties in relatie tot gevoelige objecten lokaal optimaal vorm kan worden gegeven.

G.4 Ombouwen van aardgasgestookte Hemwegcentrale naar een waterstofgasgestookte Hemwegcentrale

Als de aardgasgestookte Hemweg 9-eenheid wordt omgebouwd naar een waterstofgascentrale -waarbij waterstof wordt aangevoerd via huidige aardgastransportleiding naar de centrale- verandert er naar verwachting op het vlak van externe veiligheid niets, er vanuit gaande dat er geen grootschalige waterstofgasopslag is. De huidige ammonia opslag ten behoeve van rookgasreiniging blijft waarschijnlijk in stand en deze opslag kan mogelijk PR 10-6 contouren hebben, afhankelijk van concentratie ammonia. Ten aanzien van luchtkwaliteit wordt verwacht dat de NO_X-emissie lager zal zijn. Voor het milieuthema geluid wordt geen ander effect verwacht.

G.5 Eerste indicatieve afstanden

Tabel 15 - 1e indicatieve afstanden op basis van VNG boekje in ocmbinatie met expertise OD NZKG

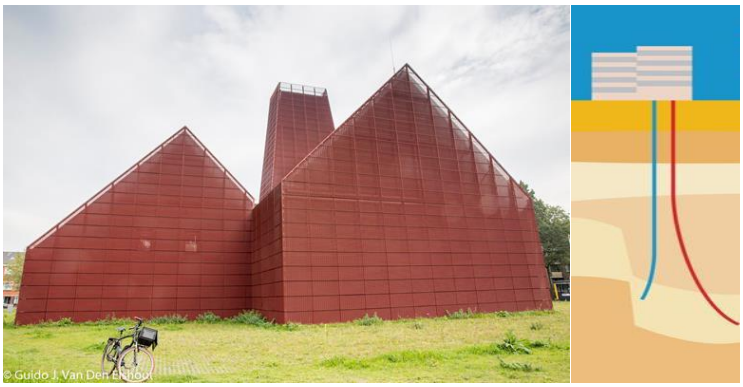
Activiteit	SBI-code	Milieu-categorie	Externe veiligheid (m.)	Geluid (m.)	Lucht/geur (m.)	Electro-magnetische velden	Goederen-transport [42]	Gezoneerd industrie-terrein[43]
Elektriciteitscentrale op waterstofgas > 75 MW thermisch	35 A3	5.1	500	500	100	Onbekend (grootschalig transformator-station)	N.v.t.	Ja
Waterstofgasfabriek (groen/blauw/grijs) met grootschalige waterstof-gasopslag	Lijst 2, Nummer 4, subnummer 3	5.3	700	100 (aan-gepast)	30	Onbekend (grootschalig transformator-station)	N.v.t.	Nee
Waterstofgasfabriek groen (electrolyse)	Geen SBI-code	4.2	300	200	50	Onbekend (grootschalig transformators tation?)	N.v.t.	Nee
Waterstofgasfabriek blauw/grijs	Geen SBI-code	4.1	200	200	50	N.v.t.	N.v.t.	Nee
Biovergister (covergisting, verbranding en vergassing van mest, slib, GFT- en reststromen voedings-industrie of vergisting, verbranding en vergassing van overige biomassa) < 50 MWe)	35.b1	3.2	30	100	100	N.v.t.	2G	Nee
Biodieselproductie-fabriek niet vallend onder postseveso richtlijn (K1, K2 en K3, gas)	20141 A1	4.2	300	200	300	N.v.t.	2G	Nee
Biodieselproductiefabriek inclusief opslag vallend onder postseveso richtlijn (K1, K2 en K3, gas)	20141 A2	5.3	700	500	1.000	N.v.t.	2G	Nee
Productiefabriek synfuel o.b.v. ondermeer CO_2 < 100.000 t/j	20141 B1	4.1	100	200	100	N.v.t.	N.v.t.	Nee
Productiefabriek synfuel o.b.v.	20141 B2	4.2	200	300	200	N.v.t.	N.v.t.	Ja
Ondermeer CO_2 > 100.000 t/j								
Biodieseltankopslag (K3) < 100.000 m³	46712.1	4.1	200	50	50	N.v.t.	2G	Nee
Biodieselopslagtanks (K3) > 100.000 m³	46712.2	5.1	500	50	100	N.v.t.	2G	Nee

[42] In het VNG boekje is aangegeven hoe intensief het goederentransport is, 2 G is de hoogste categorie.

[43] Sommige activiteiten kunnen alleen worden gerealiseerd op een geluidgezoneerd industrieterrein in gevolge de Wet geluidhinder, Besluit Omgevingsrecht/Bijlage A/Onderdeel D. Bij een aantal van deze industrieterreinen in het Noordzeekanaalgebied is een geluidverdeelplan onderdeel van het bestemmingsplan (Westpoort en Hoogtij) in werking. In het geluidverdeelplan zijn de geluidsrechten per kavel gereguleerd.

Activiteit	SBI-code	Milieu-categorie	Externe veiligheid (m.)	Geluid (m.)	Lucht/geur (m.)	Electro-magnetische velden	Goederen-transport [42]	Gezoneerd industrie-terrein[43]
Pyrolyseolieopslagtanks (K3) < 100.000 t/j	46712.1	4.1	200	50	50	N.v.t.	2G	Nee
Pyrolyseolieopslagtanks	46712.2	5.1	500	50	100	N.v.t.	2G	Nee
CO_2-afvang en opslag bij de industrie (HCW, AEB, Tata, etc.)	Geen SBI-code	3.2	100	100	0	N.v.t.	N.v.t.	Nee
CO-opslag en omzetting bij bijvoorbeeld glastuinbouw	Geen SBI-code	3.2	50	10	0	N.v.t.	N.v.t.	Nee
Pyrolyse-olieproductiefabriek	205903.B	4.1	200	100	200	N.v.t.	2G	Nee
Biokerosine-productiefabriek	205903.B	4.1	200	100	200	N.v.t.	2G	Nee
Grootschalige opslag van -houtige- vaste biomassa > 2.000 m^2	46711.2	5.2	100	700	200 (aan-gepast)	N.v.t.	2G	Ja
Biomassacentrale < 50 MW	35B1	3.2	30	100	100	N.v.t.	2G	Nee
Geothermische bron	Geen SBI-code	3.1	30	50	0	Onbekend (als er ook elektriciteit wordt gemaakt, transformator-station??)	N.v.t.	Nee
Waterstofgascompressorstation , < 100 MW	35D1	4.2	100	300	0	N.v.t.	N.v.t.	Nee
Waterstofgascompressorstation, > 100 MW	35D1	5.1	200	500	0	N.v.t.	N.v.t.	Nee
Transformator-station < 10 MVA	35C1	2	10	30	0	Onbekend	N.v.t.	Nee
Transformator-station 10 - 100 MVA	35C2	3.1	30	50	0	Onbekend	N.v.t.	Nee
Transformator-station 100 – 200 MVA	35C3	3.2	50	100	0	Onbekend	N.v.t.	Nee
Transformator-station vermogen 200 MVA – 1.000 MVA	35C4	4.2	50	300	0	Onbekend	N.v.t.	Ja
Transformator-station > 1000 MVA	35C5	5.1	50	500	0	Onbekend	N.v.t.	Ja
Bio fuelfabriek met opslag < 250.000 t/j	104102.1	4.1	30	100	200	N.v.t.	2G	Nee
Biofuelfabriek met opslag > 250.000 t/j	104102.2	4.2	50	300	300	N.v.t.	N.v.t.	Ja
Bio fuelopslag, onder drempelwaarde BRZO	Lijst 2/ Nummer 4, subnummer 2	3.1	50	-		N.v.t.	N.v.t.	Nee
BIO fuelopslag, boven drempelwaarde BRZO	Lijst 2/ Nummer 4 subnummer 3	5.2	700	-	30	N.v.t.	2G	Nee

Figuur 26 - Geothermiebron met achtergrond woningen -circa 100 m. afstand- in Den Haag, op circa 30 m. is een bouwplan



Tabel 16 - Indicatieve zonering ondergrondse infrastructuur vanuit het hart van de leiding

Energiebron/ -drager / ondergrondse infrastructuur	Externe veiligheid -m.-		Electromagnetische straling -m.-
	Plaatsgebonden risico afstand (PR 10^{-6})[3]	Effectafstand[4]	
Aardgas 36 inch/ 70 bar	380[6]	Onbekend	Nvt
Aardgas .. inch/ Bar[5]	Afhankelijk van o.a. leidingdiameter en druk	Onbekend	Nvt
Waterstofgas 36 inch/ 70 bar	250[6]	Onbekend	Nvt
150 Kv elektriciteitsleidingen	Nvt	Nvt	15-20[7]
Aardgas i.c.m. groen gas 36 inch/ 70 Bar	Circa 380[6]	Onbekend	Nvt
Aardgas i.c.m. 50% waterstofgas 36 inch/ 70 Bar	330[6]	Onbekend	Nvt
Hoogtemperatuur stadswarmte	2[8]	Onbekend	Nvt
CO_2 26 inch/ 22 Bar	4	5-50	Nvt
Biokerosineleiding	5	50	Nvt

Noten bij de tabel:

3 Plaatsgebonden risico betreft de aan te houden afstand waarbinnen niet mag worden gebouwd.

4 Contour waarbinnen gerekend moet worden aan aanvaardbaar groepsrisico (wordt bepaald door aanwezigheid kwetsbare objecten en routes.

5 De afstanden kunnen niet geëxtrapoleerd met 2/3 naar een leiding met een kleinere diameter en lagere druk.

6 Bron 'Verkenning waterstof infrastructuur', DNV-GL, november 2017, ognl.151886, rev.1.

7 Bron 'Magneetveldstudie' ten behoeve van gebiedstransitie Buiksloterham Amsterdam-Noord, -Jaargemiddelde 0,4 microtesla magneetveldzone 150 kV kabels, Liandon, 31 mei 2018, 70013057A.

8 Indicatie is afgegeven door Vattenfall.

Tabel 17 - Indicatieve zonering bovengrondse infrastructuur (vanuit hart van de infrastructuur)

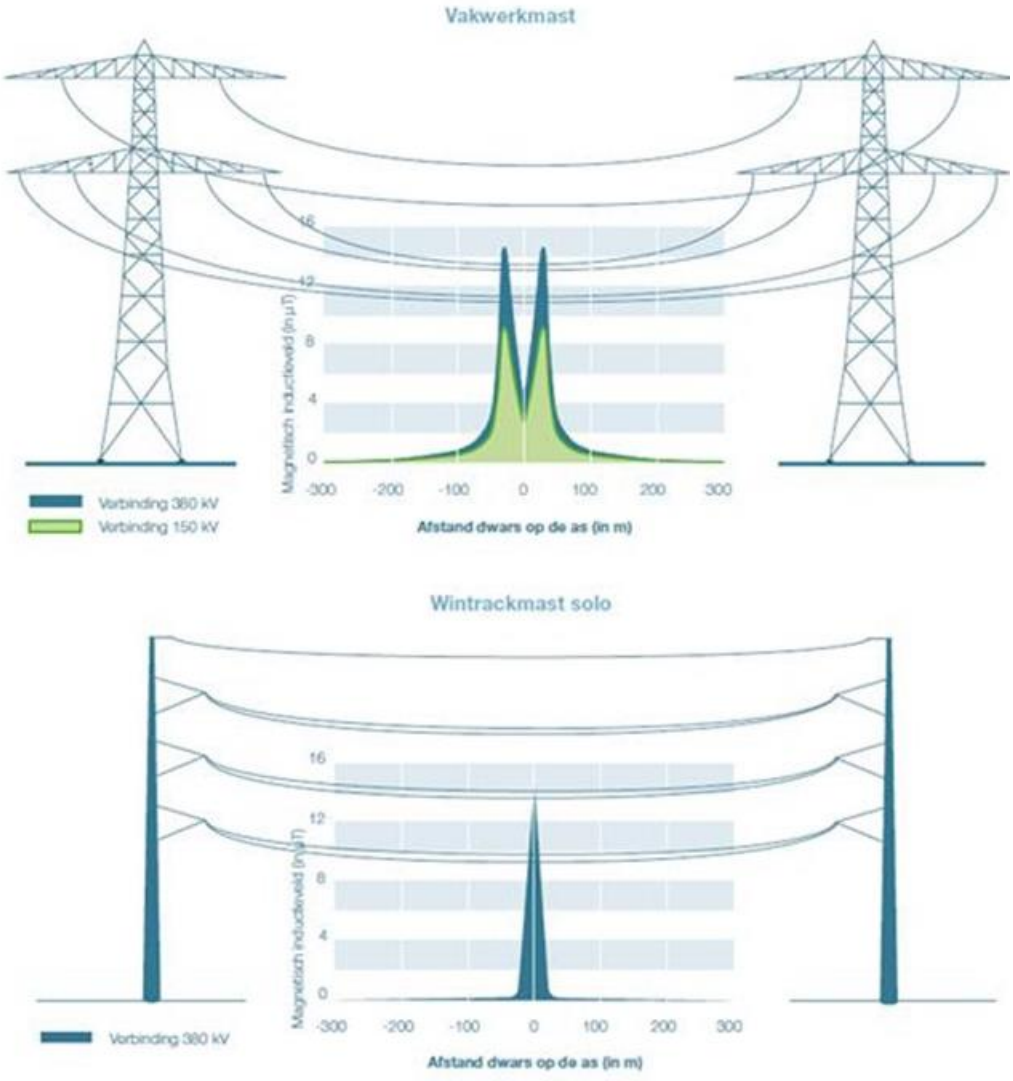
Energiebron/ -drager / bovengrondse infrastructuur	Externe veiligheid		Electromagnetische velden
	Plaatsgebonden risico (m.)	Groepsrisico (aandachtsgebied) (m.)	
CO_2 per vrachtwagen (vloeibaar??)	onbekend	200	Nvt
Biodiesel, pyrolyse-olie per schip	Nvt	Nvt	Nvt
Traoés met hoogspanning elektriciteit	Nvt	Nvt	Zie pagina 10
Tanker met ammoniak, ammonia of waterstofgas	Onbekend	1070	Nvt
Tanker met cyrogeen waterstofgas	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Stoom	5[9]	Nvt	Nvt
Vaste biomassa	Nvt	Nvt	Nvt

Noten bij de tabel:

9 Indicatie afgegeven door AEB o.b.v. advies Arcadis.

Figuur 27 - Wintrackmast

Figuur 28 - Indicatieve zone bij verschillende hoogspanningsmasten vanwege -elektro-magnetische velden[44]



[44] Uit 'Wonen bij hoogspanning, - elektrische en magnetische velden-' , juli 2017, TenneT TSO B.V.