



Ruimtelijke uitwerking Energiescenario's

maart 2020



POSAD MAXWAN
strategy x design

Inhoudsopgave

| | | |
|-----------|---|-----------|
| | Inleiding | 06 |
| | Plan van aanpak | 07 |
| 01 | Wat hebben we nodig? | 08 |
| | Scenario's Ruimteclaims - algemeen | |
| | <ul style="list-style-type: none">• Zon• Wind• Biomassa• H₂• Geothermie | |
| 02 | Wat kan er? - algemeen | 18 |
| | Wat is er beschikbaar? | |
| | <ul style="list-style-type: none">• Wind op zee• Wind op land• PV op dak• PV op water• PV op veld• Biomassa• Geothermie• H₂ | |

| | | |
|-----------|-----------------------------------|-----------|
| 03 | Wat kan er? - per scenario | 30 |
| | Impact en kansen per leefomgeving | |
| 04 | Constateringen | 60 |
| | Algemene constatering | |
| | Stedelijk gebied | |
| | Landelijk gebied | |
| | Industrie en haven | |
| | Zee en kustgebied | |
| | Constatering per gebied | |
| | Colofon | 76 |

Managementsamenvatting

Aanleiding

Deze studie onderzoekt de ruimtelijke impact van vier scenario's. De energiestrategieën vloeien voort uit het parallelle traject van Berenschot/Kalavasta en vormen de basis van de ruimtelijke weergave van de scenario's. Voor ieder scenario geldt dat er ruimtelijk gezien iets gaat veranderen in de toekomst. Wat gebeurt er als we de scenario's op kaart zetten en proberen te verbeelden? Waar loop je tegenaan? En welke keuzes worden verondersteld in het ruimtelijk vlak uitgaande van de uitgangspunten die beschreven en gekwantificeerd zijn in 'Klimaatneutrale energiestrategieën 2050'? De scenario's vormen hoekpunten op basis van verschillende governance structuren. Ze zijn dus niet opgesteld als hoekpunten van het ruimtelijke domein.

Wat kan er?

Allereerst is er in kaart gebracht wat het ruimtebeslag is voor verschillende vormen van duurzame opwek, opslag, conversie en transport. Op basis hiervan is er een theoretisch benutbaar oppervlak in kaart gebracht (bijvoorbeeld het aantal vierkante kilometer zeegebied dat restrictievrij ingezet kan worden voor wind). Het theoretisch benutbare oppervlak is afhankelijk van bepaalde keuzes en voorwaarden die worden gesteld. Zo wordt het theoretisch benutbare oppervlak kleiner wanneer alle beleidsrestricties gehanteerd worden.

Wat is er nodig?

Op basis van de getallen uit de studie 'Klimaatneutrale energiestrategieën 2050' is de

benodigde ruimte per scenario berekend. Per scenario is er vervolgens gekeken of het benodigde ruimtegebruik voor de opwek van duurzame energie botst met het theoretisch benutbare oppervlak. Ook is schematisch weergegeven welk extra ruimtegebruik verwacht kan worden voor conversie of opslag. In theorie past het benodigde ruimtegebruik voor ieder scenario binnen het theoretisch benutbare ruimtegebruik. Wel zijn er een aantal elementen die uitgaan van een hoge inzet van de theoretisch benutbare ruimte:

- In het regionale scenario wordt hoog ingezet op het beschikbare dakoppervlak (66%)
- In het nationale scenario wordt erg hoog ingezet op wind op zee (40%-67%)
- Voor de benodigde oppervlakten voor conversie en opslag zijn geen theoretische maxima bekend. Dit zal bij alle scenario's ruimte innemen.

Wat betekent dat?

Elk scenario heeft een andere impact op de leefomgeving, vooral doordat het ruimtegebruik binnen een gebiedstype sterk kan variëren. Per gebiedstype worden de grootste ruimtelijke wijzigingen of kansen getoond. Zo heeft het nationale sturing scenario een grote impact op het stedelijk en landelijk gebied, waar het internationale sturing scenario vooral grote aanpassingen in het havengebied vergt. Er zijn ook een aantal constatering die gelden voor alle scenario's:

- De opwek van elektriciteit heeft een grotere impact op de ruimte dan de opwek van warmte.
- Er is in alle scenario's relatief veel ruimte nodig

voor opslag, conversie of een combinatie ervan.

- In alle scenario's wordt ingezet op wind op zee; de aanlanding en distributie hiervan vraagt ruimte.
- In alle scenario's zijn er ook huidige functies met ruimteclaims die gaan verdwijnen. Deze gebieden kunnen getransformeerd worden tot of gebruikt worden voor nieuwe ruimtevragers.
- De ondergrondse ruimteclaim neemt toe. Een deel van de ondergrondse infrastructuur zal ook verdwijnen of getransformeerd worden. Vooral in het stedelijk gebied en in het havengebied zal dit wringen.
- Er gaan in alle vier de scenario's veranderingen komen in de huidige leefomgeving. De schaalgrootte van de aanpak verschilt, waardoor de impact of verschillende wijzen landt. Voor elke schaal geldt dat de ruimtelijke beleving niet ophoudt bij het grensgebied.
- Waterstof wordt in alle scenario's geïmporteerd voor bunkers en kerosine. De ruimtelijke impact van opslag hiervan hangt sterk af van de mogelijkheid van opslag van waterstof in gasvelden (mogelijke opslagcapaciteit van bijna 1000 PJ in gasvelden op zee).

De constatering per scenario en per gebiedstype sluiten dit rapport af (zie pagina 63 en verder).

Potentie overzicht

In het overzicht hieronder is voor alle vier de scenario's samengevat hoeveel ruimte verhoudingsgewijs gebruikt wordt. De percentages zijn opgesteld ten opzicht van de theoretisch maximale hoeveelheid.

| | type | MW/km ² | SCENARIO REGIONAAL | | | | SCENARIO NATIONAAL | | | | SCENARIO Europese CO ₂ -sturing | | | | SCENARIO INTERNATIONAAL | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------|---|---------------------------------------|--|--------|------------------------|-------------|--|-----------------|-------------------------|-------------|-------------------------|------|--------------------------|----------------------|--|------|--------------------------|----------------------|--|-----|
| | | | km ² * beschikbaar | GW | % | km ² met harde restricties | GW | GW | km ² | % | GW | km ² | % | GW | km ² | % | | | | | | | | |
| PV op dak | bestaand ** | 195 | 1.250 | 244 | | 26 | 325 | 63 | 42 | 215 | | 66 | 35 | 179 | | 55 | 17 | 87 | | 27 | 13 | 67 | | 21 |
| | best + nieuw | 195 | 1.487 | 290 | | 26 | 387 | 75 | 42 | 215 | | 56 | 35 | 179 | | 46 | 17 | 87 | | 22 | 13 | 67 | | 17 |
| PV op facade | bestaand ** | 15 | 230 | 3,5 | | 25 | 57 | 0,9 | 42 | 2800 | | 4912 | 35 | 2333 | | 4094 | 17 | 1133 | | 1988 | 13 | 357 | | 627 |
| | best + nieuw | 15 | 273 | 4 | | 25 | 68 | 1 | 42 | 2800 | | 4118 | 35 | 2333 | | 3431 | 17 | 1133 | | 1667 | 13 | 357 | | 525 |
| PV op velden Zuid (agrarisch) | extensief | 60 | 22.500 | 1350 | | 100 | 22.500 | 1350 | 47 | 783 | | 3 | 41 | 683 | | 1 | 25 | 417 | | 2 | 25 | 417 | | 1 |
| | intensief | 156 | 22.500 | 3510 | | 100 | 22.500 | 3510 | 47 | 301 | | 1 | 41 | 263 | | 1 | 25 | 160 | | 1 | 25 | 160 | | 1 |
| PV op velden O-W (agrarisch) | extensief | 48 | 22.500 | 1080 | | 100 | 22.500 | 1080 | 47 | 979 | | 4 | 41 | 854 | | 4 | 25 | 521 | | 2 | 25 | 521 | | 2 |
| | intensief | 125 | 22.500 | 2813 | | 100 | 22.500 | 2813 | 47 | 376 | | 2 | 41 | 328 | | 1 | 25 | 200 | | 1 | 25 | 200 | | 1 |
| PV op buiten water | extensief | 49 | 4.200 | 206 | | 100 | 4.200 | 206 | 47 | 959 | | 23 | 41 | 837 | | 20 | 25 | 510 | | 12 | 25 | 510 | | 12 |
| | intensief | 98 | 4.200 | 412 | | 100 | 4.200 | 412 | 47 | 480 | | 11 | 41 | 418 | | 10 | 25 | 255 | | 6 | 25 | 255 | | 6 |
| PV op binnen water | extensief | 62 | 4.000 | 248 | | 100 | 4.000 | 248 | 47 | 758 | | 19 | 41 | 661 | | 17 | 25 | 403 | | 10 | 25 | 403 | | 10 |
| | intensief | 138 | 4.000 | 552 | | 100 | 4.000 | 552 | 47 | 341 | | 9 | 41 | 297 | | 7 | 25 | 181 | | 5 | 25 | 181 | | 5 |
| Wind op zee | extensief | 6 | 58.000 | 464 | | 31 | 18.000 | 144 | 43 | 7.167 | | 40 | 72 | 12.000 | | 67 | 42 | 7.000 | | 39 | 38 | 6.300 | | 35 |
| | intensief | 10 | 58.000 | 580 | | 31 | 18.000 | 180 | 43 | 4.300 | | 24 | 72 | 7.200 | | 40 | 42 | 4.200 | | 23 | 38 | 3.800 | | 21 |
| Wind op land | extensief | 4 | 37.390 | 166 | | 15 | 7.790 | 25 | 20 | 5.000 | | 46 | 20 | 5.000 | | 46 | 10 | 2.500 | | 23 | 10 | 2.500 | | 23 |
| | intensief | 8 | 37.390 | 332 | | 15 | 7.790 | 56 | 20 | 2.500 | | 23 | 20 | 2.500 | | 23 | 10 | 1.250 | | 11 | 10 | 1.250 | | 11 |
| Wind op binnen+ buitenwater | extensief | 6 | 7.872 | 49 | | 9 | 700 | 4 | 20 | 3.333 | | 476 | 20 | 3.333 | | 476 | 10 | 1.666 | | 238 | 10 | 1.666 | | 238 |
| | intensief | 8 | 7.872 | 66 | | 9 | 700 | 6 | 20 | 2.500 | | 357 | 20 | 2.500 | | 357 | 10 | 1.250 | | 179 | 10 | 1.250 | | 179 |
| Geothermie | diep | | | | | 5580 | km ² nodig voor 5580 boringen 56 km ² | 20,6 | 3,3 | 4 | | 16 | 3,3 | 4 | | 16 | 2,2 | 3 | | 11 | 2,2 | 3 | | 11 |
| Zon-thermisch | | 385 | 22.500 * | 8.663 | | 100 | 22.500 | 8.663 | 11 | 29 | | 0,1 | 5,2 | 14 | | 0,1 | 4,7 | 12 | | 0,1 | 3,5 | 9 | | 0 |
| H ₂ opslag | Totale hoeveelheid waterstof | 0,03 PJ/tank 0,5 PJ/caverne | | | | | | | 798 PJ | | | | 1.049 PJ | | | | 1.403 PJ | | | | 1.653 PJ | | | |
| Biomassa | lokaal droog | 47,5 km ² /PJ | 22.500 | | | 100 | 22.500 | 474 PJ | 48 PJ | 2280 | | 10 | 45 PJ | 2138 | | 10 | 50 PJ | 2375 | | 11 | 50 PJ | 2375 | | 11 |
| | lokaal nat lokaal afval import | - - 0,43 PJ/schip | - - - | | | | | | 178 PJ 0 PJ 0 PJ | - - - | | 10 | 153 PJ 13 PJ 0 PJ | - - - | | 10 | 200 PJ 0 PJ 317 PJ | - - 730 schep. | | 11 | 200 PJ 0 PJ 273 PJ | - - 656 schep. | | 11 |
| CCS | onshore | | 1.000 MT | | | | | | 4,6 MT/jaar | | | | 5,5 MT/jaar | | | | 26,5 MT/jaar | | | | 14,8 MT/jaar | | | |
| | offshore | | 1.700 MT | | | | | | 367 jaar | | | | 312 jaar | | | | 64 jaar | | | | 115 jaar | | | |
| Elektrolyse | | 30 | - | - | | | | | 45 | 15 | | | 45 | 15 | | | 3 | 1 | | | 3 | 1 | | |

*bron: Klimaat, Energie, Ruimte, 2018

** nieuwbouw op basis van 1,5 miljoen woningen

Inleiding

Nederland staat aan de vooravond van grote veranderingen in haar energievoorziening. De context van klimaatverandering en internationale afspraken brengen de noodzaak voor het maken van heldere keuzes en ingrijpende (ruimtelijke) veranderingen steeds dichterbij.

Verdieping

Parallel aan de ontwikkeling van het document dat voor u ligt liep een traject voor het maken van scenario's. In opdracht van Netbeheer Nederland hebben Berenschot/Kalavasta nationale scenario's ontwikkeld, beschreven in 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050'. Daarnaast hebben zij een proces opgezet om de nationale scenario's te regionaliseren. Voor ieder scenario is er een energiebalans opgesteld, die inzichtelijk maakt wat de energiebronnen van de toekomst zullen zijn. De scenario's zijn bedoeld om de hoekpunten van het speelveld te onderzoeken, zodat de netbeheerders in het vervoltraject kunnen beoordelen wat er nodig kan zijn aan infrastructuur en flexibiliteit.

Voor ieder scenario geldt dat er ruimtelijk gezien iets gaat veranderen in de toekomst. Wat gebeurt er als we de scenario's op kaart zetten en proberen te verbeelden? Waar loop je tegenaan? En welke keuzes worden verondersteld in het ruimtelijk vlak uitgaande van de uitgangspunten die beschreven en gekwantificeerd zijn in 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050'? Op eenieder van deze vragen zal worden ingegaan in deze rapportage. In

deze rapportage is er gekeken wat de ruimtelijke impact is van de scenario's die zijn opgesteld in 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050'. De hoekpunten zijn niet opgesteld vanuit een ruimtelijk perspectief, maar vanuit verschillende governancestructuren.

Op deze rapportage zal een vervolg komen, waar de focus ligt op de benodigde netwerken en de benodigde flexibiliteit. De (ruimtelijke kant van) netwerken zullen in dit rapport soms al wel genoemd worden, maar met de kanttekening dat de effecten op het net nog in detail onderzocht zullen worden in fase 2 en 3 van dit traject.

Plan van Aanpak

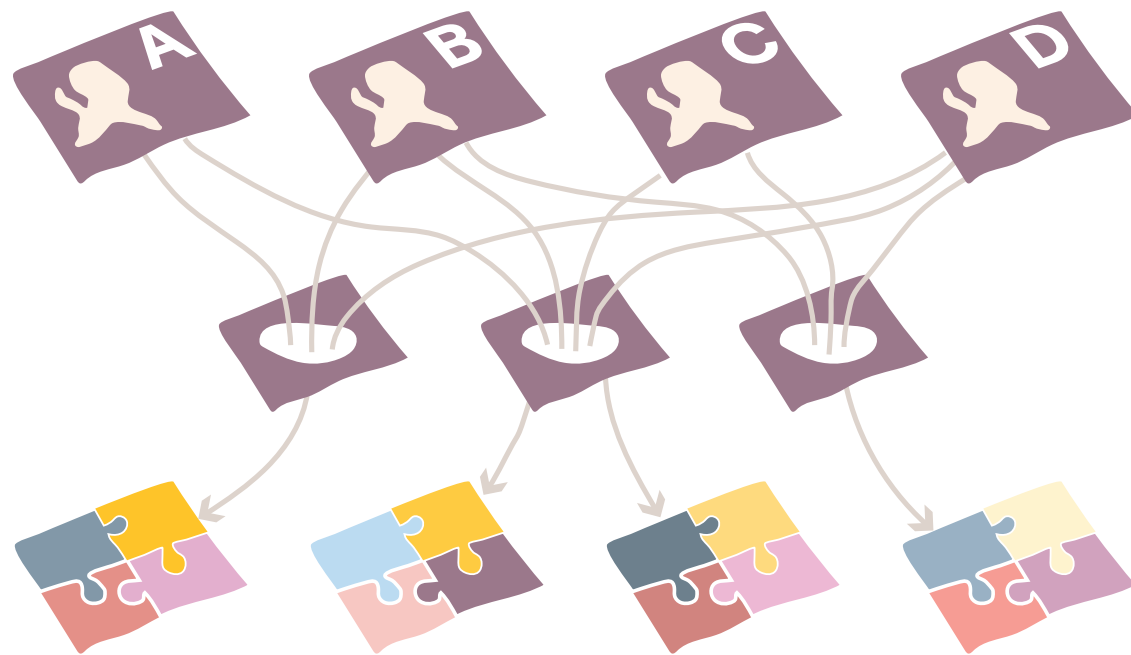
De energiescenario's die uit het traject van Berenschot/Kalavasta vloeien, vormen de basis van de ruimtelijke weergave van de scenario's. Er wordt in de technische benadering van de scenario's niet altijd toegelicht hoe deze ruimtelijk ingevuld worden. Per scenario worden er aannames gedaan om de ruimtelijke weergave ervan te tonen. Hierbij kan de nuance geplaatst worden dat er soms meerdere opties zijn binnen een scenario.

De stappen in dit proces:

1. Per scenario is er onderzocht wat er nodig is; hoeveel opgeteld vermogen staat er in 2050? Welke bronnen gaan we inzetten voor de energievoorziening?
2. Vervolgens kijken naar wat er ruimtelijk en theoretisch kan. Hierbij worden 3 filters gebruikt:
 - Beperkingen
 - Potentie (mogelijkheden)
 - Koppeling met de leefomgeving
3. Vervolgens wordt er per scenario naar deze 3 filters gekeken.
 - Hoe zijn de filterknoppen van vraag 2 ingesteld?
 - Wat betekent dat ruimtelijk?
4. Tot slot worden er constatering gedaan, per scenario en per gebiedstype.

Per stap zullen de bevindingen worden toegelicht aan de hand van kaarten en schema's.

Plan van aanpak



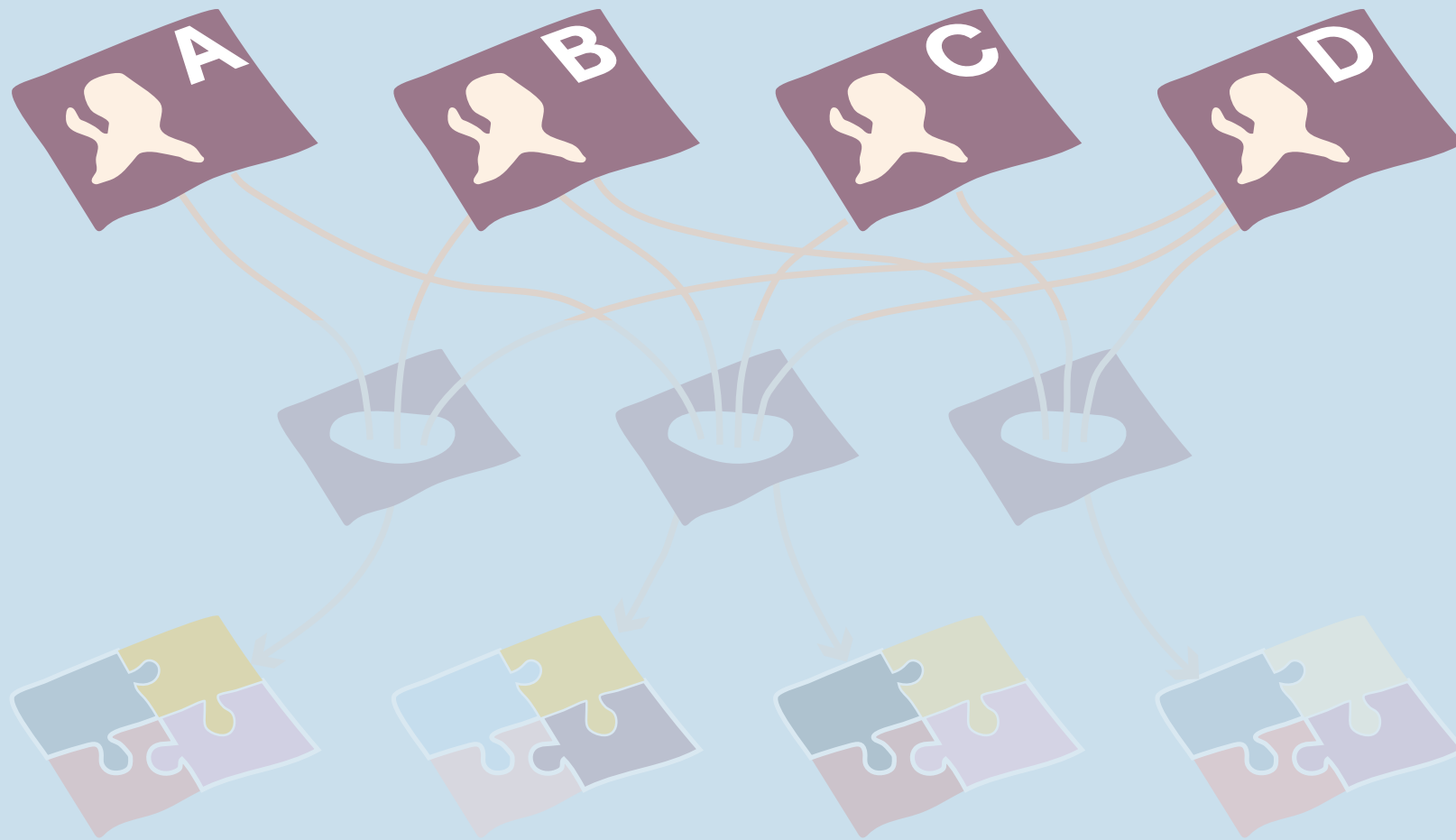
1. **Wat hebben we nodig?**

2. **Wat kan er?**

3. **Bouwstenen**

1

Wat hebben we nodig?



Scenario's

Scenario's

In dit rapport wordt de verschillende ruimtelijke impact van elk van de vier scenario's van 'Klimaatneutrale energiescenario's 2050' in kaart gebracht:

Scenario regionale sturing

In dit scenario wordt gestreefd naar een zelfvoorzienende regio. Het gesprek over zowel systemen als ontwikkelingen speelt zich op een regionale schaal af. De energietransitie is voor bijna iedereen te merken, doordat er overal in het land ingezet wordt op een zo snel mogelijke verduurzaming van het energiesysteem.

Scenario nationale sturing

Het streven is om op nationaal niveau zelfvoorzienend te zijn qua energie. Dit betekent dat er in sommige regio's meer zal veranderen dan in andere. Voor de systeemkeuzes zal op nationaal niveau een afweging gemaakt worden.

Scenario Europese CO₂-sturing

Nederland is niet zelfvoorzienend. Er worden grote hoeveelheden energie of bronnen geïmporteerd. Er wordt gestuurd op een CO₂-belasting op Europees niveau. Naast een verduurzaming van de industrie wordt ingezet op het afvangen en opslaan van CO₂ onder de grond.

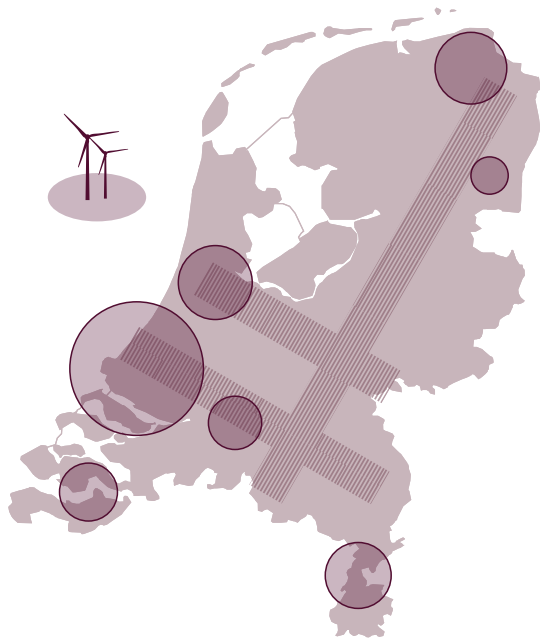
Scenario internationale sturing

Nederland is niet zelfvoorzienend. Via de volledig open internationale markt worden grote hoeveelheden elektriciteit, waterstof en biomassa geïmporteerd. Er zijn geen restricties of invoerquota die de handel belemmeren. Nederland is afhankelijk van de internationale markt.



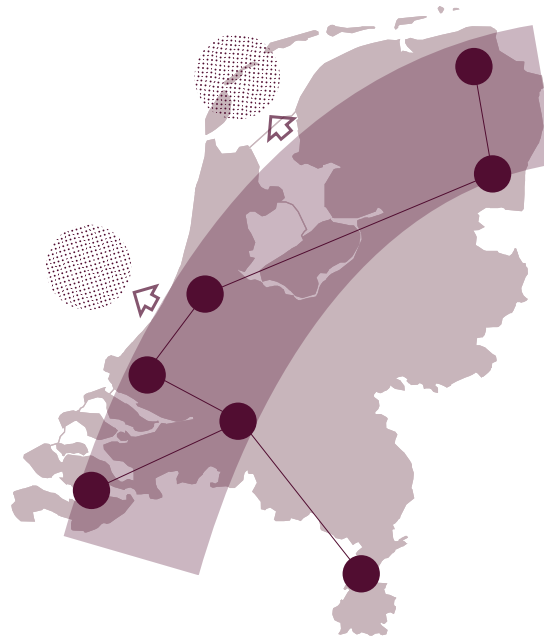
Scenario regionale sturing

- Energieproductie voornamelijk decentraal
- Grootste finale warmtevrage gebouwde omgeving (focus geothermie)
- Vervoer bijna volledig geëlektrificeerd
- Burgers worden veel betrokken
- Krimp van industrie: enkele takken verdwijnen gedeeltelijk



Scenario nationale sturing

- Veel grootschalige initiatieven
- Grootste flexibele vermogen
- Grootste opwek wind op zee
- Groot aandeel elektrolyse
- Grootste groei hoogspanningsnet
- Industrie verduurzaamt mbv het rijk



Scenario Europese CO₂-sturing

- Nederland is niet zelfvoorzienend in 2050
- Grootste import van biomassa
- Sturing op CO₂-belasting, wordt gecompenseerd aan grens EU.
- Waterstofproductie icm CCS
- Opwek waar een goede business-case is te maken
- Industrie groeit



Scenario internationale sturing

- Nederland is niet zelfvoorzienend in 2050
- Grootste import van elektriciteit
- Grootste import van waterstof
- Industrie focust eerst op CCS
- Industrie groeit

Wat is er nodig?

Energie en opslag per scenario

Per scenario is er gekeken wat dit betekent voor 2050. Berenschot/Kalavasta heeft het Energie Transitie Model (ETM) ingevuld aan de hand van parameters en aannames per scenario. Sommige interpretaties zullen afwijkend zijn. Voor een gedetailleerde beschrijving van de aannames en uitgangspunten verwijzen wij naar de rapportage 'Klimaatneutrale Energiescenario's 2050'. In de grafiek hiernaast is weergegeven per scenario in welke mate de bronnen zijn ingezet voor de finale energievraag. Daarnaast geeft het onderzoek van Berenschot/Kalavasta (fig. 6-10) inzicht in de onderstaande energie scenario's:

- **Opgesteld vermogen:** hoeveel zon en wind er is opgesteld (op land/zee of op dak/veld). Een deel hiervan wordt omgezet in waterstof. Scenario nationaal heeft het grootste opgestelde vermogen. Een deel van het vermogen wordt ingezet voor kerosine en bunkers. Deze vraag is bij scenario internationale sturing het hoogst. Ook voor de warmtevraag is uitgesplitst wat de energiedragers zijn. De warmtetoevoer is in het regionale sturing scenario het hoogst (zie grafiek).
- **Flexibel vermogen:** een deel van het vermogen is afhankelijk van de weersomstandigheden. Hiervoor wordt flex vermogen gebruikt: opslag in accu's, conversie naar waterstof of power to heat. Het opgestelde flexibel vermogen is het grootst in het regionale scenario en het kleinst in het internationale sturing scenario. Het flexibel vermogen wordt nog aangescherpt in fase 2.
- **Carbon Capture Storage:** per scenario wordt beschreven in welke mate ingezet wordt op CCS.

Finale behoefte aan energiedragers (inclusief non-energetisch, exclusief synthetische bunkers en kerosine)

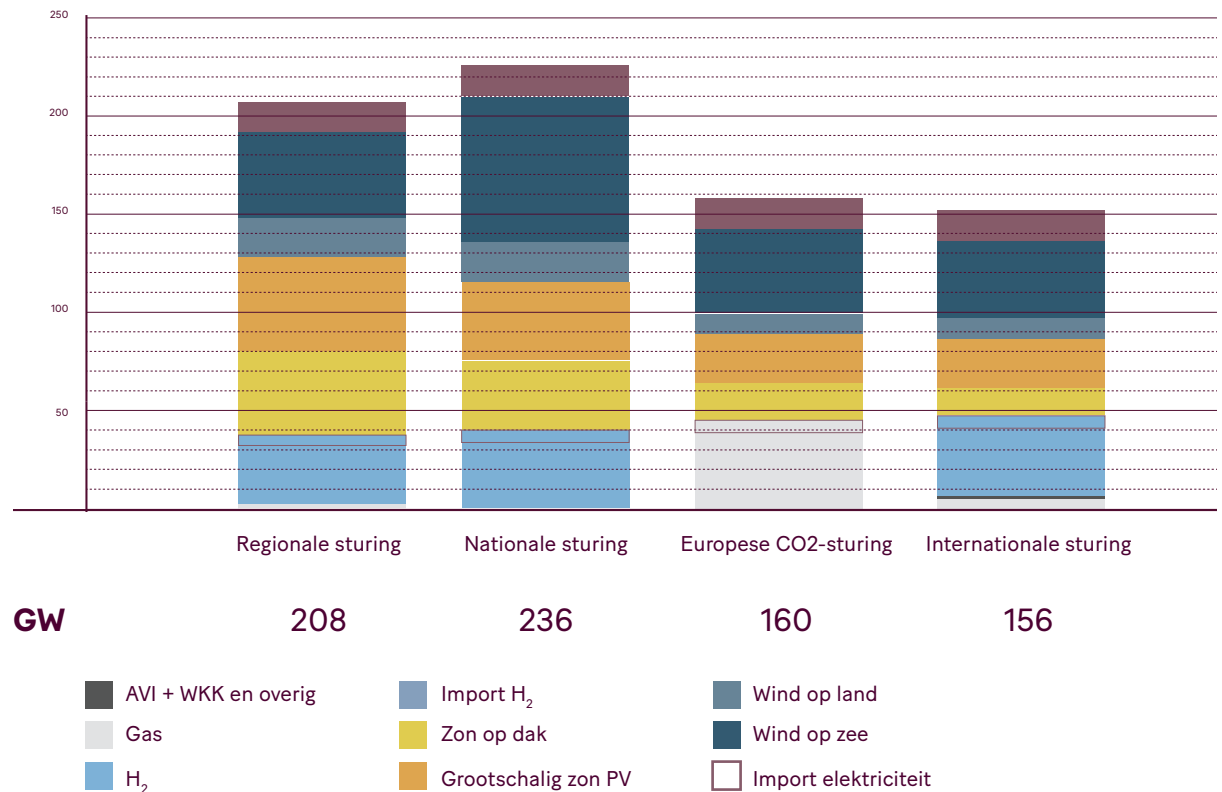


CCS wordt het meest ingezet bij het scenario internationaal. CCS wordt niet meegenomen in het ETM, maar direct uit de rapportage van Berenschot/ Kalavasta gehaald.

- **Mobiliteit:** per scenario is vastgelegd op welke dragers het vervoer leunt. Er wordt een onderscheid gemaakt in personenvervoer en vrachtverkeer.
- **Infrastructuur:** per scenario wordt een indicatie gegeven in welke mate de infrastructuur moet worden uitgebreid. Dit wordt in fase 2 verder onderzocht.
- **Biomassa:** per scenario wordt er uitgegaan van een andere hoeveelheid biomassa (import/ export). De grootste import is in scenario Europese CO₂-sturing. Scenario nationale en regionale sturing gaan beiden niet uit van import. Alle scenario's gaan uit van een groot aandeel biomassaproductie binnen de landsgrenzen.
- **Conversie:** per scenario is indicatief beschreven hoeveel conversie er nodig is. Deze conversie kan van elektriciteit naar waterstof zijn. Conversie van elektriciteit naar warmte wordt gebruikt om de flexibiliteit van het elektriciteitsnetwerk te vergroten. In fase 2 zal de grootte en vorm van conversie verder onderzocht worden.

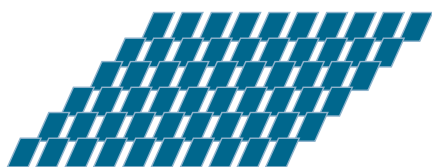
De bovenstaande categorieën hebben een ruimteclaim die op de volgende pagina's in kaart wordt gebracht

Opgesteld elektrisch vermogen en productie per scenario (inclusief synthetische bunkers en kerosine)



Productie

Op de volgende 4 pagina's wordt het ruimtebeslag dat verschillende bronnen innemen in kaart gebracht per thema: Productie, opslag, transport en distributie.



ZONNE ENERGIE¹

PV op dak

195 MW/km²

PV op velden

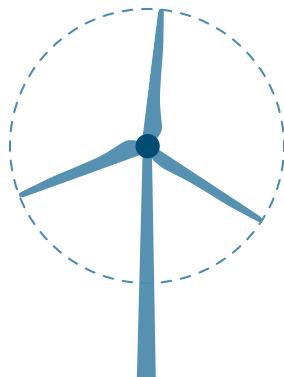
48-156 MW/km²

PV op water

49-138 MW/km²

PV op gevel

15 MW/km²



WINDENERGIE²

Wind op zee

6-10 MW/km²

Wind op land

4-8 MW/km²

Wind op land (water)

6-8 MW/km²



BIOMASSA³

0,02 PJ/km²

bij 40% rendement, afhankelijk van type biomassa

Allesvergistng

rendement 60%

Monovergisitng

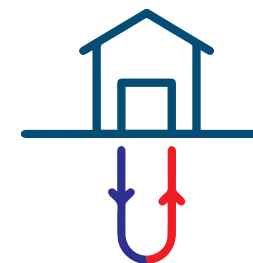
rendement 60%

Vergassing (normaal)

rendement 70%

Superkritische watervergassing

rendement 95-99%



GEOTHERMIE⁴

Diepe geothermie

9 MW/per doublet *

* 1 ha per boring bovengrond

4,5 km² per boring ondergrond

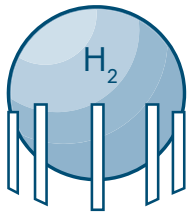
1_ Advies SDE+, PBL 2018; Roadmap NL - PV systemen en Toepassingen, TKI Urban Energy i.o.v. RVO 2017, huidige situatie is 280 WP, maar verbetering in de toekomst. In deze rapportage is met 340 WP gerekend, gebaseerd op de gemiddelde efficiëntietoename die Berenschot/Kalavasta hebben meegenomen voor de toekomst.

2_ Ruimte in het Klimaatakkoord 2018

3_ Beschikbaarheid houtige biomassa voor energie in Nederland, Ecofys, RVO 2017; Contouren en instrumenten voor een Routekaart Groengas 2020-2050, CE Delft, 2018

4_ Masterplan Aardwarmte in Nederland 2018

Opslag



H₂

Vloeibare opslag⁵

0,03 PJ/km² *

* plus veiligheidsafstand

Opslag in zoutcavernes⁵

0,5 PJ/km² *

* Potentie zoutcavernes in NL: 156 PJ

(mogelijke) Opslag in gasvelden⁵

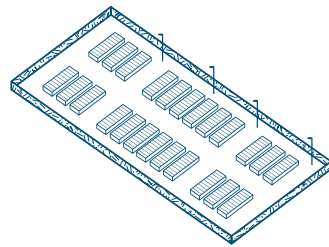
0,5 PJ/km² *

* Potentie gasvelden in NL:
997 PJ in zee, 644 PJ op land

Ammonia⁶

0,76 PJ/60.000 m³ tank *

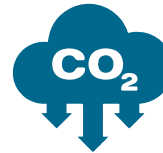
plus veiligheidsafstand



BATTERIJ⁷

Batterij nutvoorzieningen

14.000 MWh/ km²

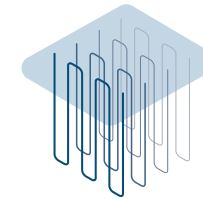


CO₂

Gas velden⁵

1700 Mt op zee
1000 Mt op land*

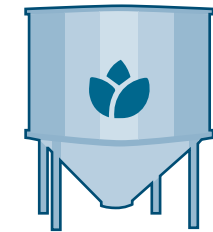
* Potentie gasvelden in NL



WARMTE OPSLAG⁸

Ecovat XXL

4,8 GWh/90.000 m³



BIOMASSA⁹

Houtpellet in silos

1.400 - 1.800 PJ/km²

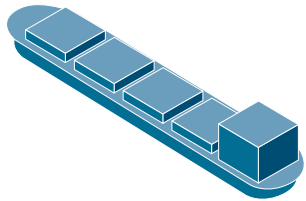
5_ Ondergrondse Opslag in Nederland, Technische verkenning 2018 (Lopend onderzoek)
6_ Power to Ammonia project (consortium: Stedin Infra Services, Nuon, VoltaChem co-initiator ECN, Delft University, Twente University, Proton Ventures, OCI Nitrogen, Akzo Nobel, CE Delft and ISPT)

7_ Klimaat Energie en Ruimte 2018

8_ Ecovat - Waardecreatie door warmteopslag 2018

9_ Ruimte- intensivering EMO-schiereiland, TU Delft en Port of Rotterdam 2011

Transport

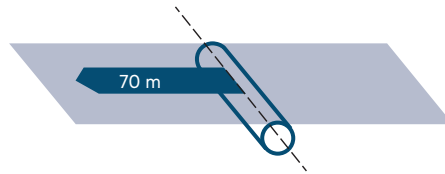


BIOMASSA

Bulk carrier ¹⁰

0,43 PJ/ schip*

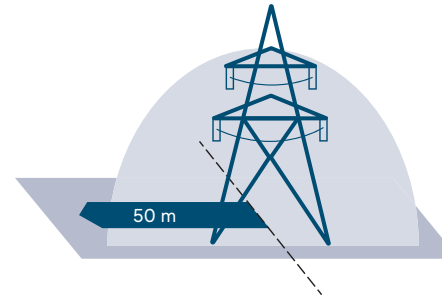
* Loa 238 m - Beam 32,26 m



AARDGAS

Buizen/pijpleidingen ¹¹

bij voorkeur 70 m (niet bouwen)
maar het plaatsgebonden risico wordt gegeven als PR-contour en kan dus afwijken
(zie bron)



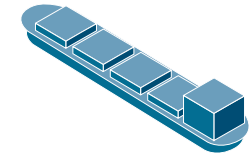
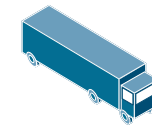
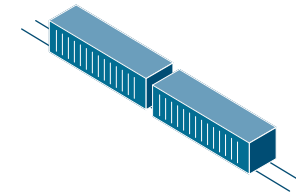
ELEKTRICITEIT

Hoogspanningskabel (380 kv) ¹²

100 m (totaal) geen woningbouw

Hoogspanning onder de grond ¹³

60 m (niet bouwen en geen weg)



BIOMASSA

Trein (51 containers) ¹⁴

1 PJ = 50-60 per jaar

Lang Zwaar Voertuig (3 containers) ¹⁵

1 PJ = 770-990 per jaar

Binnenvaartschepen (1500 ton)

1 PJ = 90 per jaar

10_ Gebaseerd op BULK CARRIER, FORWARD t.b.n., class: ABS +A1, bulk Carrier BC/A

11_ De Structuurvisie Buisleidingen 2012-2035

12_ Tennaet_ Wonen nabij hoogspanning, Elektrische en magnetische velden 2018

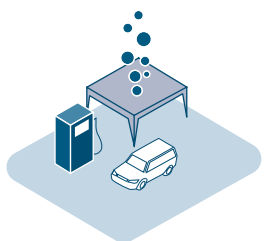
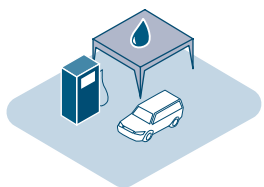
13_ RIVM_ Hoogspanningslijnen, Magneetvelden

14_ Gebaseerd op DSV Global Transport and Logistics

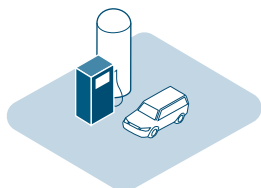
15_ Gebaseerd op BCT: Connecting the flows

Distributie

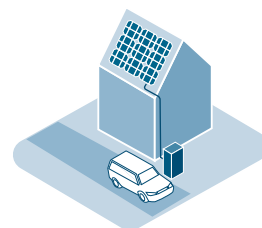
Conversie



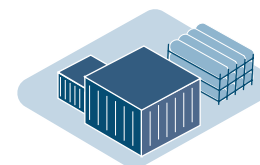
BIOBRANDSTOF



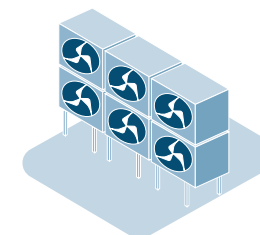
H₂



ELEKTRICITEIT



ELECTROLYSER



DAC

Tankstation ¹⁶

Het Bevi geldt voor installaties met gevaarlijke stoffen en verplicht het bevoegd gezag middels de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en Wet ruimtelijke ordening (Wro) afstand te houden tussen (beperkt) kwetsbare gebouwen en risicovolle activiteiten. Deze aan te houden afstand is gebaseerd op het plaatsgebonden risico. Op die plaatsen is de kans één op de miljoen per jaar dat iemand die daar altijd en onbeschermd aanwezig is, komt te overlijden als rechtstreeks gevolg van een incident met gevaarlijke stoffen.

Laadpaal-parkeerplaats m²

Reservering voor
een laadpaal-
parkeerplaats op
loopafstand

ELECTROLYSER ¹⁷ 250 MW/ha

SMR ¹⁸
7.66 PJ/ha/jaar

Direct air capture ¹⁹ 1 Mton CO₂/km²/jaar

¹⁶ Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)

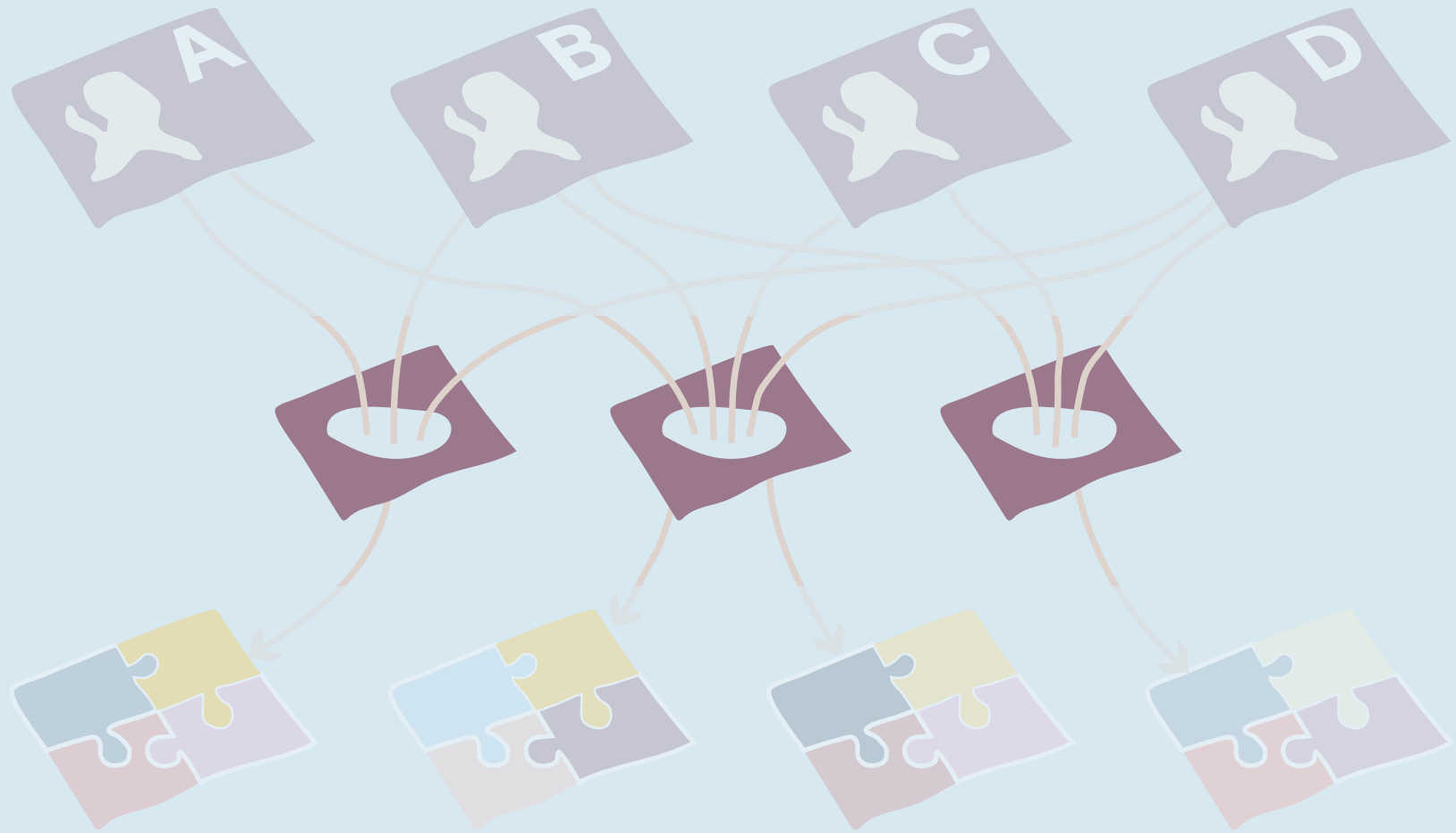
¹⁷ Verkenning aanlanding NOZ - samenvatting en tussentijdse notitie 2018

¹⁸ Gebaseerd op Steam methane reformer Pasadena Texas, AIR Products

¹⁹ Gebaseerd op Climeworks

2

Ruimtelijke potentie



Wat kan er?

Algemeen

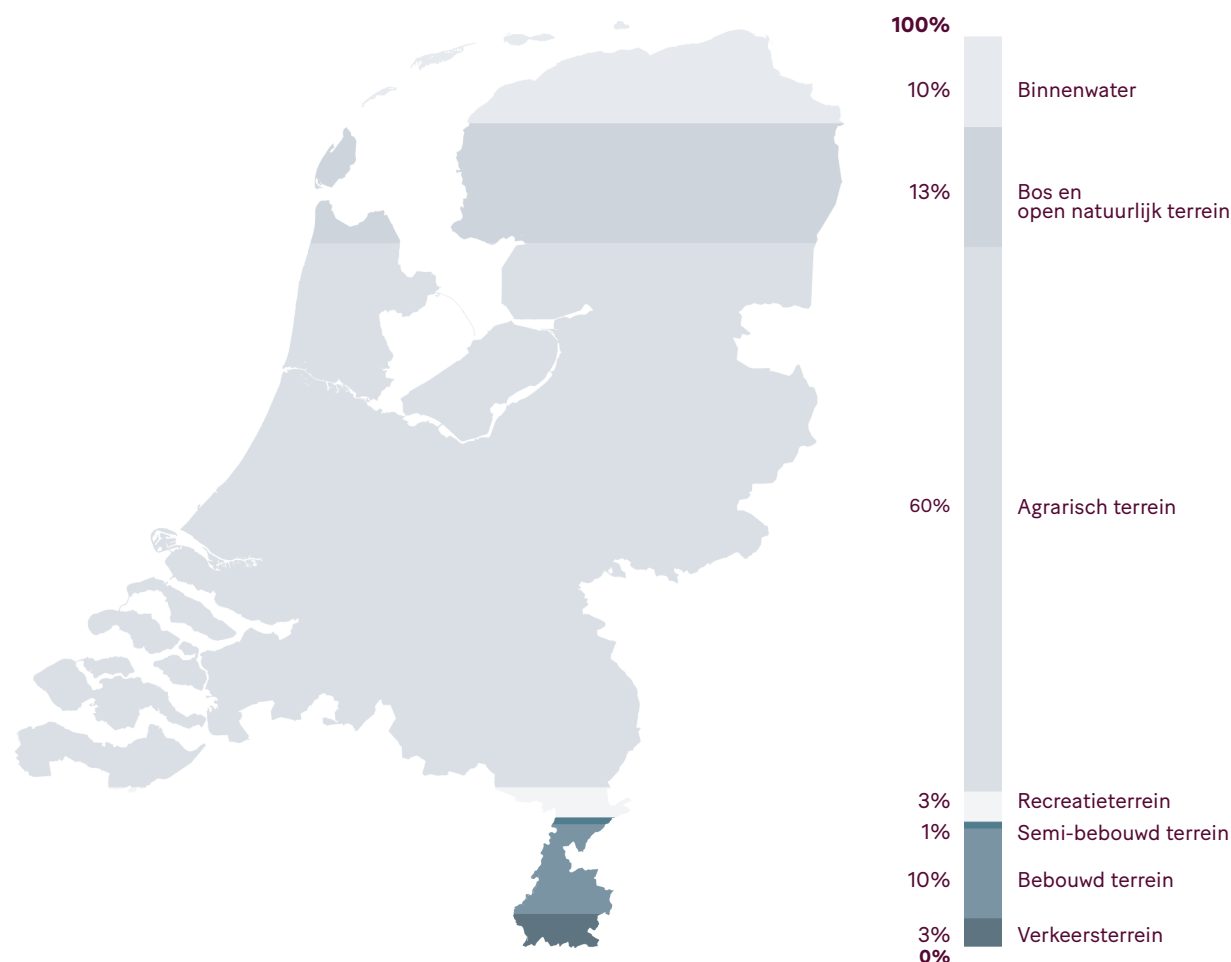
Het is technisch en ruimtelijk mogelijk om een groot deel van ons land in te zetten voor de opwek van elektriciteit door zon of win. Een deel van de ruimte is niet geschikt voor grootschalige opwek in verband met milieu- en veiligheidseisen.

Het gehele landoppervlak is voor 14% bebouwd terrein, 10% binnenwater waarvan 4% plassen of rivieren. De zee is hierbij niet meegenomen. Elk type bron dat ingezet wordt bij een van de scenario's voor de opwek van duurzame energie heeft een andere relatie met een stuk land, dan de huidige functie heeft. Bijvoorbeeld: In theorie zijn windturbines goed te combineren met andere gebruiksfuncties (agrarische gronden/natuur) omdat het werkelijke ruimtegebruik van een windturbine klein is. Maar in werkelijkheid zijn turbines minder goed te combineren door veiligheids- en milieueisen.

Ruimtelijke potentie

Iedere bron heeft een relatie met de ruimte. Een bron heeft zelf een ruimteclaim, en heeft ook voorwaarden of beperkingen in relatie tot de omgeving. Hoe we omgaan met deze voorwaarden of beperkingen heeft invloed op de potentie van een bron. Bijvoorbeeld een 3MW-turbine; Er kan een ruimtelijke voorwaarde zijn dat de turbine enkel in grote clusters geplaatst gaat worden. Hierdoor vallen kleine potentiegebieden af. De maximale potentie van windturbines op land (inclusief de voorwaarde 'grote clusters') neemt dus af.

Op de volgende pagina's staan per bron een aantal afwegingen beschreven. Het gaat hier nadrukkelijk over een theoretische potentie; wat er wenselijk is is nog niet meegenomen. Er zijn aannames gedaan voor de hoeveelheden die opgewekt kunnen worden per vierkante kilometer. Wanneer de efficiëntie van zonnepanelen of het type windturbine in de toekomst meer op zal brengen neemt de benodigde ruimte per MW af. Er zal dan dus minder ruimte nodig zijn voor hetzelfde vermogen.



Nederland
Noordzee

Totale oppervlakte 37.390 km² ²⁰
Totale oppervlakte 58.000 km²

Bron: CBS



Verkeersterrein 1.156 km²
3%



Semi-bebouwd terrein 493 km²
1%



Agrarisch terrein 22.363 km²
60%



Recreatieterrein 1.054 km²
3%



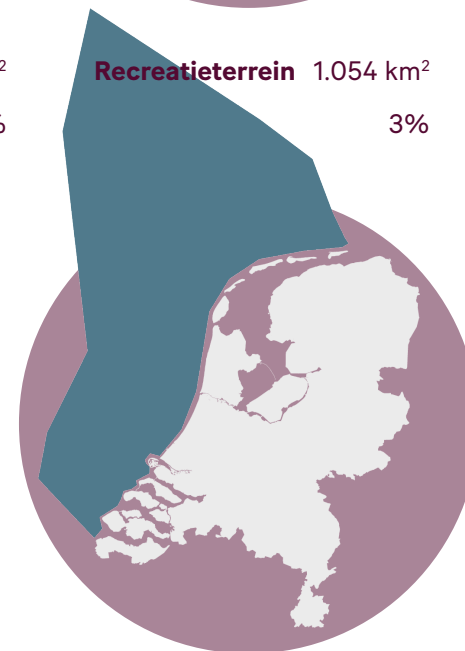
Bebouwd terrein 3.615 km²
10%



Binnenwater 3.719 km²
10%



Bos en open natuurlijk terrein 4.989 km²
13%

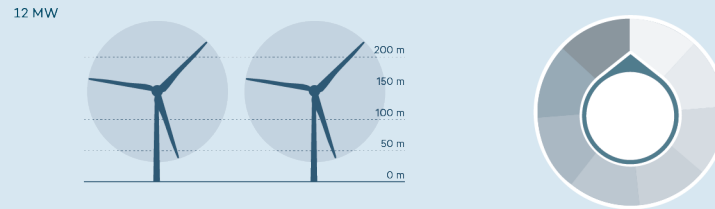


Zee 58.000 km²
Buitenwater 4.153 km²

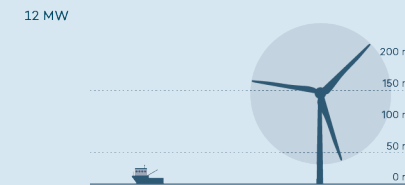
Knoppen wind op zee

De opstelling van de turbines ten opzichte van elkaar bepaalt de ruimteclaim. Bij een extensieve opstelling (rechts) kan meer rekening gehouden worden met inpassing of koppeling aan andere opgaves. Deze opstelling kost meer ruimte dan de intensieve opstelling (links). In deze studie varieert het vermogen/km² van 6-8 MW, maar er wordt gesproken over mogelijk 12 MW/km².

intensief



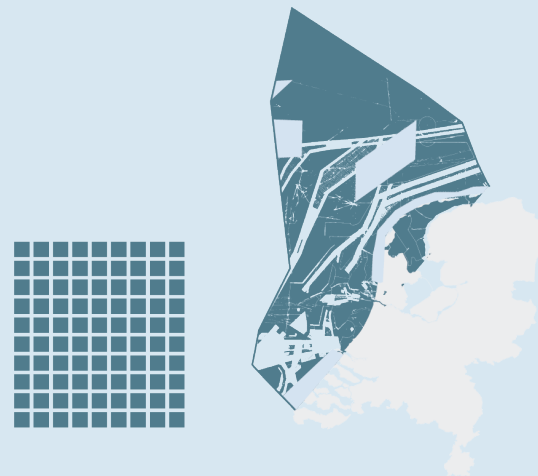
extensief



Knop restricties:

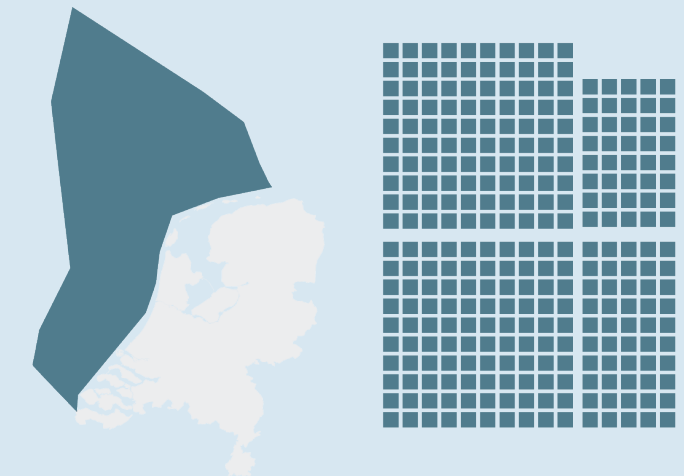
De plaatsing van windturbines moet voldoen aan wet- en regelgeving. Er zijn veiligheidsbuffers opgesteld waardoor bepaalde gebieden worden uitgesloten. Deze gaan over de veiligheid van personen of het voorkómen van rampen (ongelukken), over de overschrijding van geluidsnormen of de kans op uitval van basisvoorzieningen. Concreet betekent dat veiligheidszones rondom toevoer routes, laagvliegroutes, boorplatformen etc. De grootte van deze zones is afhankelijk van het type turbine. De knoppen geven het verschil aan oppervlak met restricties (links) of het grotere noordzeegebied (rechts). De grootte van de turbine heeft invloed op de beschikbare ruimte. Doordat de restricties afhankelijk zijn van de hoogte, wordt de beschikbare ruimte kleiner bij een grotere turbine.

met restricties



18.000 km²

zonder restricties



58.000 km²

■ = 200 km²

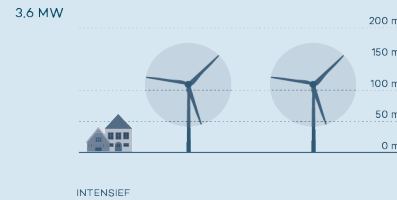


Knoppen zijn een illustratieve representatie van de mogelijk te kiezen gradaties

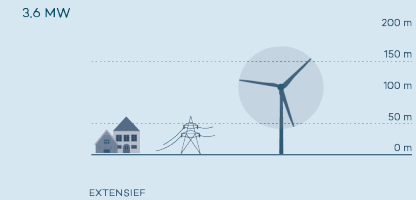
Knoppen wind op land, buitenwater en binnenwater

De opstelling van de turbines ten opzichte van elkaar bepaalt de ruimteclaim. Bij een extensieve opstelling (rechts) kan meer rekening gehouden worden met inpassing of koppeling aan andere opgaves. Deze opstelling kost meer ruimte dan de intensieve opstelling (links).

intensief



extensief



Zie wind op zee: Concreet betekent dat veiligheidszone rondom toevoer routes, woonkernen, kwetsbare objecten en kritieke infrastructuur. De grootte van deze zones is afhankelijk van het type turbine. Daarnaast zijn er restricties op basis van beleid (natuur, historische waarde etc.) Wanneer beide type restricties worden gehanteerd (links) blijft er minder ruimte beschikbaar dan wanneer enkel harde restricties worden gehanteerd (rechts).

harde en zachte restricties

5,6 MW

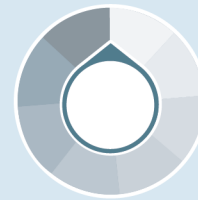


6.050 km²

3,0 MW



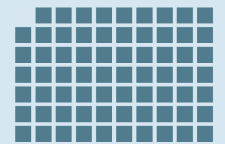
6.200 km²



harde restricties



10.300 km²



13.700 km²



Voorwaarde aan locatie:

Een voorwaarde kan zijn dat windturbines enkel in grote clusters worden opgesteld, bijvoorbeeld een aaneensluitend potentiegebied van 10 km². De potentiegebieden die dan overblijven (inclusief harde restricties) zijn rechts weergegeven. Links de potentiegebieden wanneer er geen extra voorwaarde is gegeven

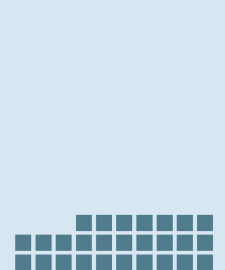
geen grote clusters



13.700 km²



grote clusters > 10km²



5.400 km²

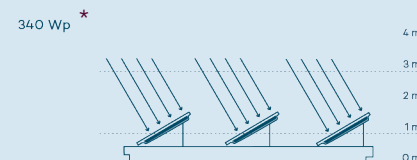
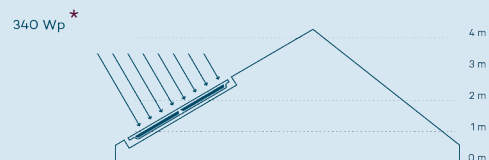


■ = 200 km²

Knoppen PV op dak

De opstelling op het dak is van invloed op de opwek. Op bijvoorbeeld monumenten zijn restricties van toepassing (links), terwijl bij nieuwbouw meer panelen op een efficiëntere manier geplaatst kunnen worden (rechts). Daarbij kan afgevraagd worden of het dak zo vol mogelijk wordt gelegd? Of enkel voor het gebruik van de eigenaar?

Bij een hoger vermogen per km² door een hogere efficiëntie in de toekomst, is er voor hetzelfde vermogen minder ruimte nodig.

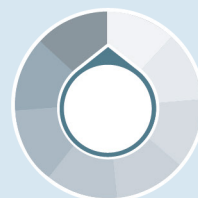


Er zijn beleidsrestricties omtrent daken. Zo kunnen monumentale daken of beschermde stadsgezichten worden uitgesloten van de potentie (links) of kunnen alle daken als benutbaar worden beschouwd (rechts).

met restricties



286 km²



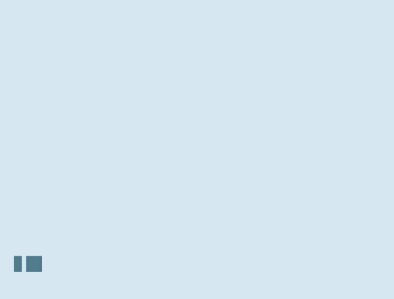
zonder restricties (enkel 30% te benutten voor PV)



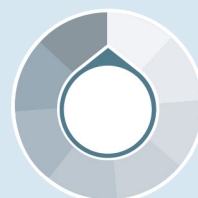
299 km²

Gemiddeld gezien is er op een dak 30% te benutten voor PV. Er kan actief beleid gevoerd worden op het vergroten van benutbaar dakoppervlak: door bijvoorbeeld schoorstenen of dakopeningen te verwijderen, of installaties optimaal uit te lijnen. Dat verhoogt de potentie (links) ten opzichte van de huidige situatie (rechts). Ook kan er meer dakoppervlak ontwikkeld worden (door nieuwbouw), bij de dakindeling kan rekening worden gehouden met PV.

30%



299 km²



50%



498 km²

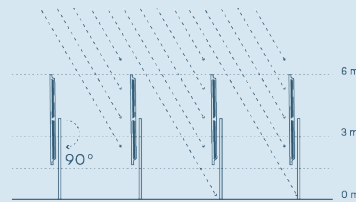
* Bron: Advies SDE+, PBL 2018; Roadmap NL - PV systemen en Toepassingen, TKI Urban Energy i.o.v. RVO 2017, huidige situatie is 280 WP, maar verbetering in de toekomst. In deze rapportage is met 340 WP gerekend, gebaseerd op de gemiddelde efficiëntietoename die Berenschot/Kalavasta hebben meegenomen voor de toekomst.

Knoppen PV op water/infra

De opstelling van de zonnepanelen ten opzichte van elkaar bepaalt de ruimteclaim. Bij een extensieve opstelling (rechts) kan meer rekening gehouden worden met inpassing of koppeling aan andere opgaves. Deze opstelling kost meer ruimte dan de intensieve opstelling (links).

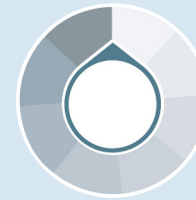
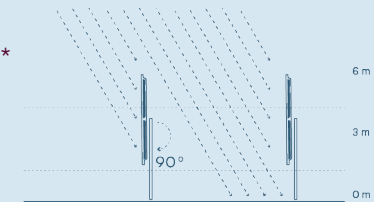
intensief

340 Wp *



extensief

340 Wp *



Zonnepanelen kunnen op water gelegd worden. Het oppervlak dat beschikbaar is wanneer de restricties en andere functies worden gehanteerd (links) is aanzienlijk kleiner dan wanneer dat niet het geval is (rechts).

met restricties

26 km²



zonder restricties

3.000 km²



De huidige voorwaarden voor zonnepanelen langs wegen en wateren laten weinig mogelijkheden open voor zonnepanelen (links)

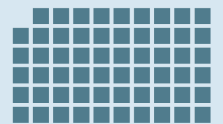
langs wegen en wateren rws

50 km²



buffer NNN en NAT 2000 agr. (binnen 1000 m)

11.730 km²

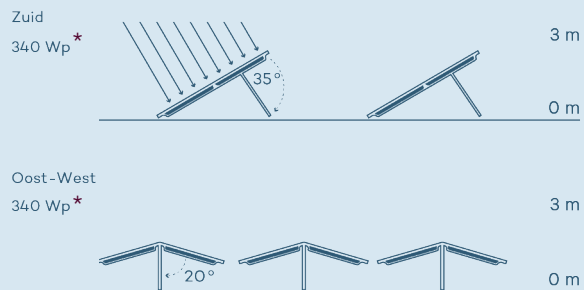


■ = 200 km²

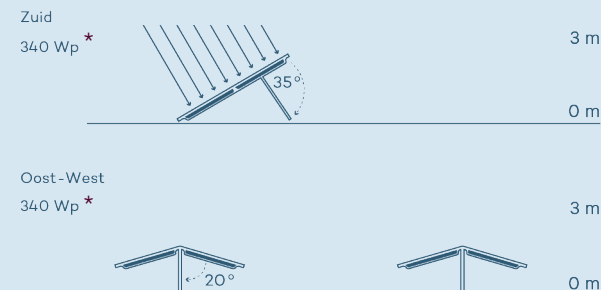
Knoppen PV op velden

De opstelling van de zonnepanelen ten opzichte van elkaar bepaalt de ruimteclaim. Bij een extensieve opstelling (rechts) kan meer rekening gehouden worden met inpassing of koppeling aan andere opgaves. Deze opstelling kost meer ruimte dan de intensieve opstelling (links). Bij een hoger vermogen per km² door een hogere efficiëntie in de toekomst, is er voor hetzelfde vermogen minder ruimte nodig.

intensief



extensief

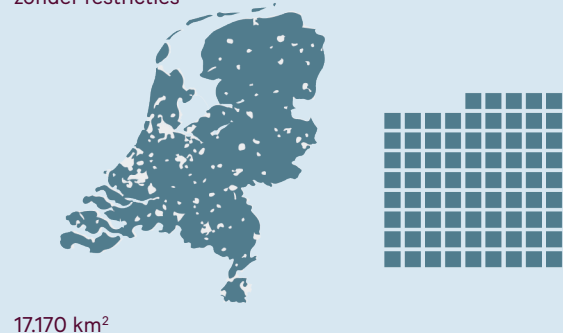


Zonnevelden zijn mogelijk in combinatie met natuur of agrarische grond. Bij zonnevelden zijn er geen beperkingen omtrent de veiligheid. Wel zijn er praktische redenen waardoor bepaalde gebieden worden uitgesloten, zo kunnen zonnevelden niet goed gecombineerd worden met bepaalde functies (zoals bossen). Hiernaast staat zon op agrarische gronden weergegeven wanneer uitgegaan wordt van beleidsrestricties (links) of niet (rechts).

met restricties

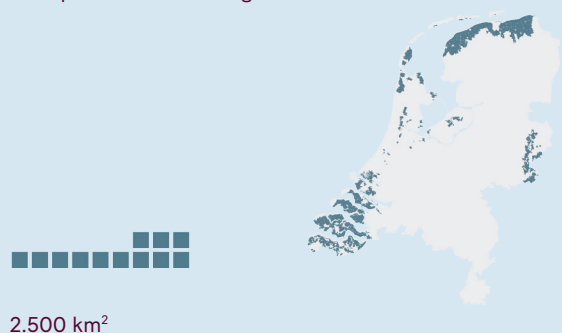


zonder restricties



Zonnevelden kunnen ook ingezet worden op gronden die minder rendabel zijn, zoals verzilte gronden, veendaling, of braakliggende terreinen. In tegenstelling tot wind is bij een zonneveld de combinatie met de huidige functie soms lastiger (bijvoorbeeld maisveld en zonneveld). Er kan een keuze gemaakt worden om bijvoorbeeld enkel zon op verzilte velden te plaatsen (links). Of juist rondom bedrijventerreinen en braakliggende terreinen (rechts).

zon op veld met verzilting



zon op braakliggend terrein

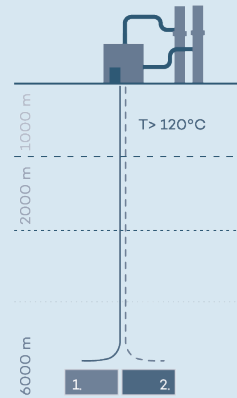


* Bron: Advies SDE+, PBL 2018; Roadmap NL - PV systemen en Toepassingen, TKI Urban Energy i.o.v. RVO 2017, huidige situatie is 280 WP, maar verbetering in de toekomst. In deze rapportage is met 340 WP gerekend, gebaseerd op de gemiddelde efficiëntietoename die Berenschot/Kalavasta hebben meegenomen voor de toekomst.

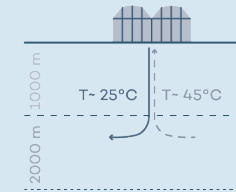
Knoppen geothermie

Voor geothermie kan er een boring gedaan worden op verschillende dieptes. De diepte heeft invloed op de temperatuur. Een diepe boring levert een hogere temperatuur op (links) dan een minder diepe boring (rechts).

diepe geothermie

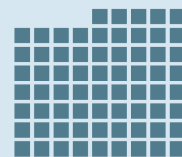


ondiepe geothermie

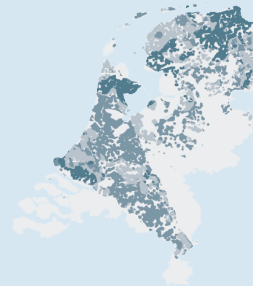


Warmte koelt af wanneer het verder verplaatst wordt. Meestal worden geothermieputten geboord in nabijheid van een afnemer (bebouwing/industrie) (links). Er kan ook gekozen worden een infrastructuur aan te leggen op grotere schaal, waarbij ook putten in het buitengebied geslagen kunnen worden, die het systeem voeden (rechts). De geothermische potentie van Nederland is in het tweede geval veel hoger.

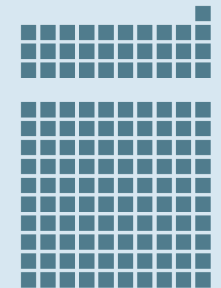
opp deel in 1000 m van plaatsvlak



15.170 km²



zonder restricties



26.340 km²

■ = 200 km²

Knoppen biomassa

Biomassa kan op veel verschillende manieren worden ingezet als energiebron. In de scenario's wordt niet altijd een keuze gemaakt. De keuze heeft invloed op het ruimtelijk beslag. Bijvoorbeeld of droge biomassa wordt verbrand (links) of droog met natte biomassa wordt vergist (rechts). Er zijn nog andere mogelijkheden zoals superkritische watervergassing.

biomassa voor verbranding

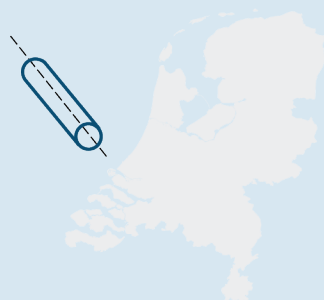


biomassa voor vergisting

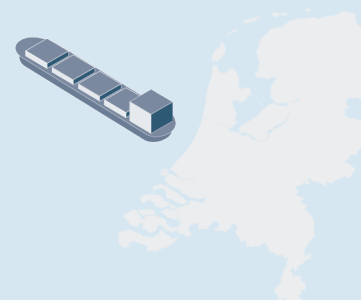


De import van biomassa kan ook op verschillende manieren plaatsvinden. Droge biomassa kan per boot worden geïmporteerd, voor natte biomassa zijn daar extra voorwaarden voor. Het gebruik van boten heeft een ruimtelijk effect op de de havens en het achterland (rechts). De biomassa kan ook reeds als groengas per pijpleiding worden geïmporteerd (links).

import biomassa als groengas per pijpleiding

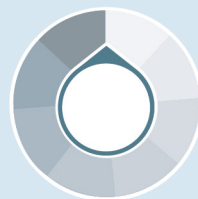


import biomassa per boot



De nationale biomassa kan uit restafval en reststromen komen. Er kan ook actief worden ingezet op de teelt van biomassa. Met name de rechter heeft effect op de ruimte.

biomassa van restafval



biomassa via teelt



Theoretische potentie

Hoe de knoppen precies worden ingesteld is een gesprek dat nog gevoerd moet worden. Hiernaast is een overzicht weergegeven met daarin de theoretische mogelijke ruimte die gehanteerd wordt in het vervolg van deze rapportage. De linkerkant van de tabel laat zien hoe groot het oppervlak is dat voldoet aan de beschrijving (bijvoorbeeld 'op zee' = 58.000 km²). Hier is een filter over heengegaan van de 'harde restricties voor wind'. Dan blijft er nog 18.000 km² over; geschikt voor de opwek van wind op zee. Het percentage (31%) geeft aan wat het aandeel is van het theoretisch benutbare oppervlak ten opzichte van het oppervlak dat voldoet aan het ruimtelijke label (bijvoorbeeld 'op zee'). De kolommen met GW geven aan wat de maxima qua opgesteld vermogen zijn. Deze waarden van het theoretisch mogelijke veranderen op het moment dat de 'knoppen' van pagina 22-28 anders worden ingesteld. Voor zowel wind als zon zijn een aantal variabelen qua opstelling onder elkaar neergezet, zodat een vergelijking gemaakt kan worden tussen de benodigde ruimte. Er zijn ook oppervlaktes die niet in het schema hiernaast staan bijvoorbeeld 'zon op braakliggend terrein', die wel in het overzicht van de knoppen staan. Er is een selectie gemaakt voor de voorwaarden met een groot oppervlak.

| | type | MW/km ² | km ² * beschikbaar | GW | % | km ² met harde restricties | GW |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------|---|--|--------|
| PV op dak | bestaand | 195 | 1.250 | 244 | | 325 | 63 |
| | best + nieuw ** | 195 | 1.487 | 290 | | 387 | 75 |
| PV op facade | bestaand | 15 | 230 | 3,5 | | 57 | 0,9 |
| | best + nieuw ** | 15 | 273 | 4 | | 68 | 1 |
| PV op velden Zuid (agrarisch) | extensief | 60 | 22.500 | 1350 | | 22.500 | 1350 |
| | intensief | 156 | 22.500 | 3510 | | 22.500 | 3510 |
| PV op velden O-W (agrarisch) | extensief | 48 | 22.500 | 1080 | | 22.500 | 1080 |
| | intensief | 125 | 22.500 | 2813 | | 22.500 | 2813 |
| PV op buiten water | extensief | 49 | 4.200 | 206 | | 4.200 | 206 |
| | intensief | 98 | 4.200 | 412 | | 4.200 | 412 |
| PV op binnen water | extensief | 62 | 4.000 | 248 | | 4.000 | 248 |
| | intensief | 138 | 4.000 | 552 | | 4.000 | 552 |
| Wind op zee | extensief | 6 | 58.000 | 464 | | 18.000 | 144 |
| | intensief | 10 | 58.000 | 580 | | 18.000 | 180 |
| Wind op land | extensief | 4 | 37.390 | 166 | | 7.790 | 25 |
| | intensief | 8 | 37.390 | 332 | | 7.790 | 56 |
| Wind op binnen+ buitenwater | extensief | 6 | 7.872 | 49 | | 700 | 4 |
| | intensief | 8 | 7.872 | 66 | | 700 | 6 |
| Geothermie | diep | | | | | km ² nodig voor 5580 boringen 56 km ² | 20,6 |
| Zon-thermisch | | 385 | 22.500 * | 8.663 | | 22.500 | 8.663 |
| H ₂ opslag | Totale hoeveelheid waterstof | 0,03 PJ/tank 0,5 PJ/caverne | | | | | |
| Biomassa | lokaal droog | 47,5 km ² /PJ | 22.500 | | | 22.500 | 474 PJ |
| | lokaal nat | - | - | | | | |
| | lokaal afval | - | - | | | | |
| | import | 0,43 PJ/schip | | | | | |
| CCS | onshore | | 1.000 MT | | | | |
| | offshore | | 1.700 MT | | | | |
| Elektrolyse | | 30 | - | - | | | |

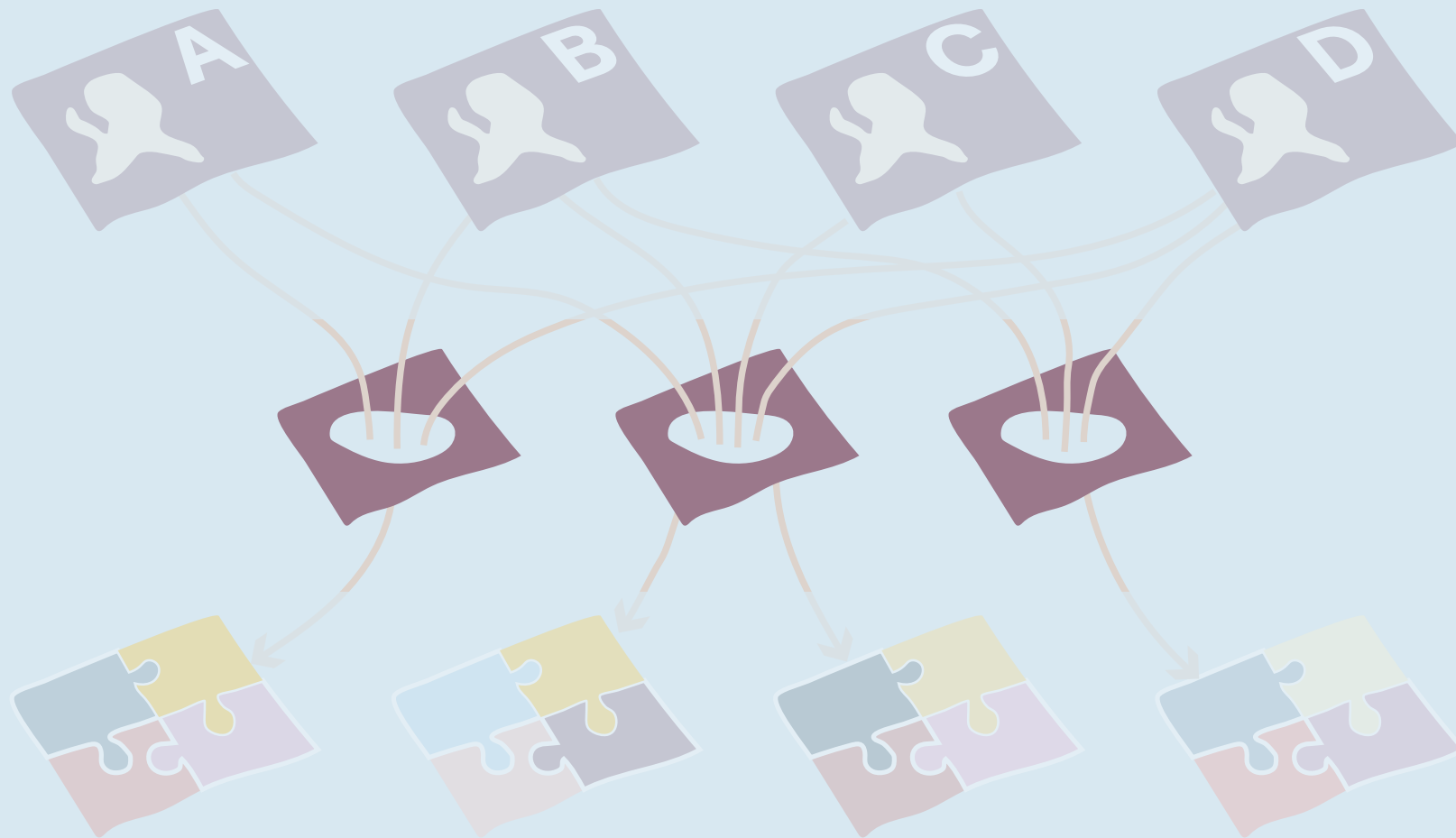
* bron: Klimaat, Energie, Ruimte, 2018

** nieuwbouw op basis van 1,5 miljoen woningen

3

Wat kan er?

Overzicht per scenario



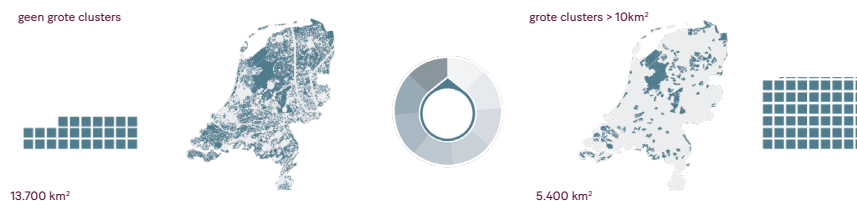
Toelichtend overzicht per scenario

Schema uitleg scenario

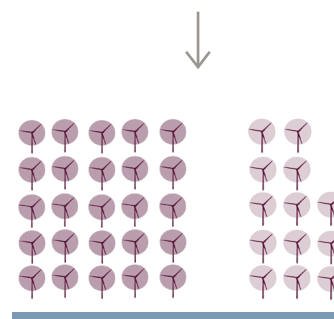
Het voorgaande hoofdstuk is inzichtelijk geworden wat de (maximale) beschikbare ruimte is; afhankelijk van de keuzes voor de 'knoppen'. In dit hoofdstuk wordt er per scenario aangegeven hoeveel ruimte nodig is om de gewenste vermogens/conversie/opslag te realiseren. De hoeveelheid benodigde ruimte kan worden vergeleken met de theoretische benutbare ruimte om te zien of er voldoende is.

Op de volgende pagina's wordt per scenario inzicht gegeven in het mogelijke ruimtebeslag (A). Hierin is weergegeven voor zon, wind, geothermie en biomassa wat mogelijk ruimtegebruik zou kunnen zijn. Bij zon en wind is zowel het ruimtebeslag voor de intensieve als de extensieve opstelling weergegeven. Ieder icoon komt overeen met 200 km². De iconen kunnen dus vergeleken worden met de theoretisch beschikbare ruimte die weergegeven is bij de knoppen op pagina 22 tot 28.

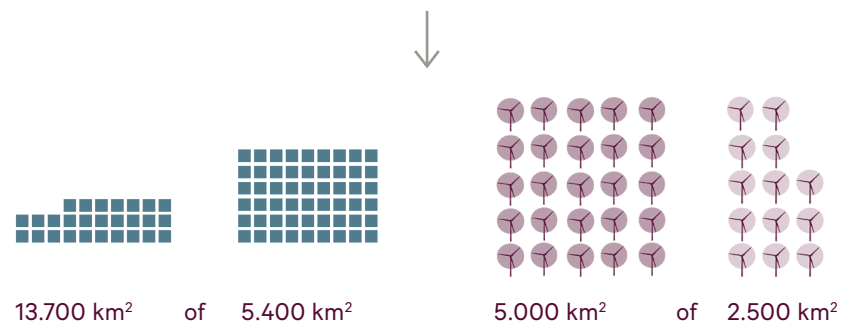
Daarnaast is er een illustratieve nationale kaart (B); hierop zijn ruimtelijke toerekeningen weergegeven per scenario. Zo staan de windturbines in het scenario regionale sturing verspreid over het land, waar ze in het scenario nationale sturing in grote clusters staan. Deze ruimtelijke toedeling komt overeen met de uitgangspunten op pagina 10 en 11.



- Opgehaald vorig hoofdstuk: ruimtelijke beschikbaarheid van bijvoorbeeld wind energie (zonder harde restricties 13.700km² - met harde restricties 5.400km²)



- Huidige hoofdstuk: behoefte per energie bron bij intensieve of extensieve opstelling. Bijvoorbeeld de behoefte aan windenergie (intensief 5000 km² - extensief 2500 km²)



- Leidt tot overzicht is de nodige hoeveelheid van een bepaalde energiebron wel mogelijk te plaatsen met de beschikbare ruimte die er is?

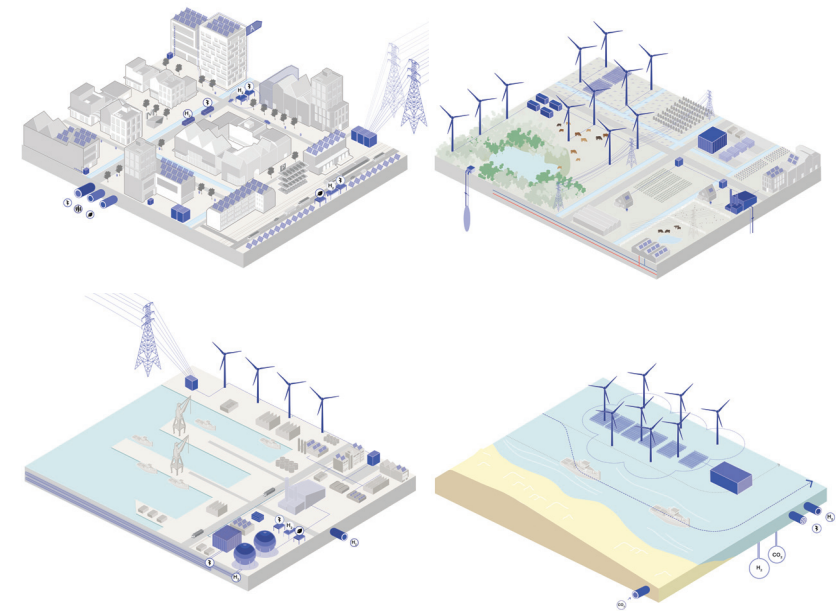
Tot slot zijn er voor 4 gebiedstypen in tegels weergegeven wat de elementen uit de scenario's zijn die invloed hebben op de (ondergrondse) ruimte.

Een aantal kanttekeningen:

- Er is niet altijd een expliciete keuze gemaakt voor een techniek. Zo kan de import van biomassa via schepen als een combinatie van natte en droge biomassa gebeuren. Dit zou in het scenario Europese CO₂-sturing in het havengebied een grote ruimtelijke impact kunnen hebben. Een andere optie is dat de biomassa reeds als gas wordt geïmporteerd. Deze variant vraagt juist ruimte in de ondergrond, maar heeft boven het grondoppervlak minder ruimtelijke impact. Deze nuance geldt voor meerdere elementen en wordt aangegeven met een sterretje (*).
- Er zijn nieuwe elementen die huidige kunnen vervangen. Zo kan bijvoorbeeld de aanleg van een warmtenet ondergronds ruimte vragen, maar de huidige warmtevoorziening kan verwijderd worden waardoor er weer meer ruimte beschikbaar is.
- Afhankelijk van de governance schaal vindt het ruimtebeslag meer geconcentreerd plaats. Zo kan in een tegel de ruimteclaim van WKO's worden weergegeven per huishouden, terwijl deze ook kan plaatsvinden op wijkniveau. Er zijn aannames gedaan.




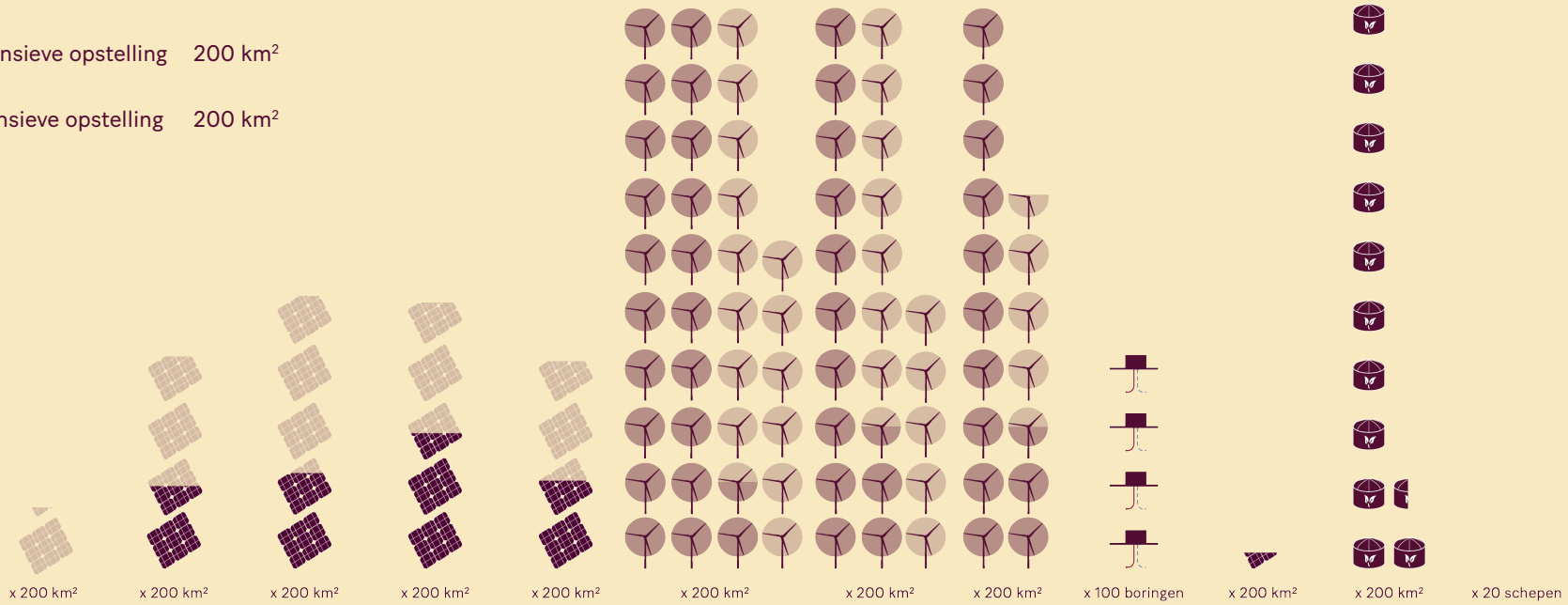
B. Kaart met uitgewerkt scenario



C. Tegels per omgeving

Scenario regionale sturing

-  extensieve opstelling 200 km²
-  intensieve opstelling 200 km²
-  extensieve opstelling 200 km²
-  intensieve opstelling 200 km²



| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|---|----|-------|-----|
| intensief | km ² | 215 | 783 | 979 | 959 | 758 | 7.167 | 5.000 | 3.333 | 4 | 29 | 2.280 | |
| extensief | km ² | | 301 | 376 | 480 | 341 | 4.300 | 2.500 | 2.500 | | | | 0 s |

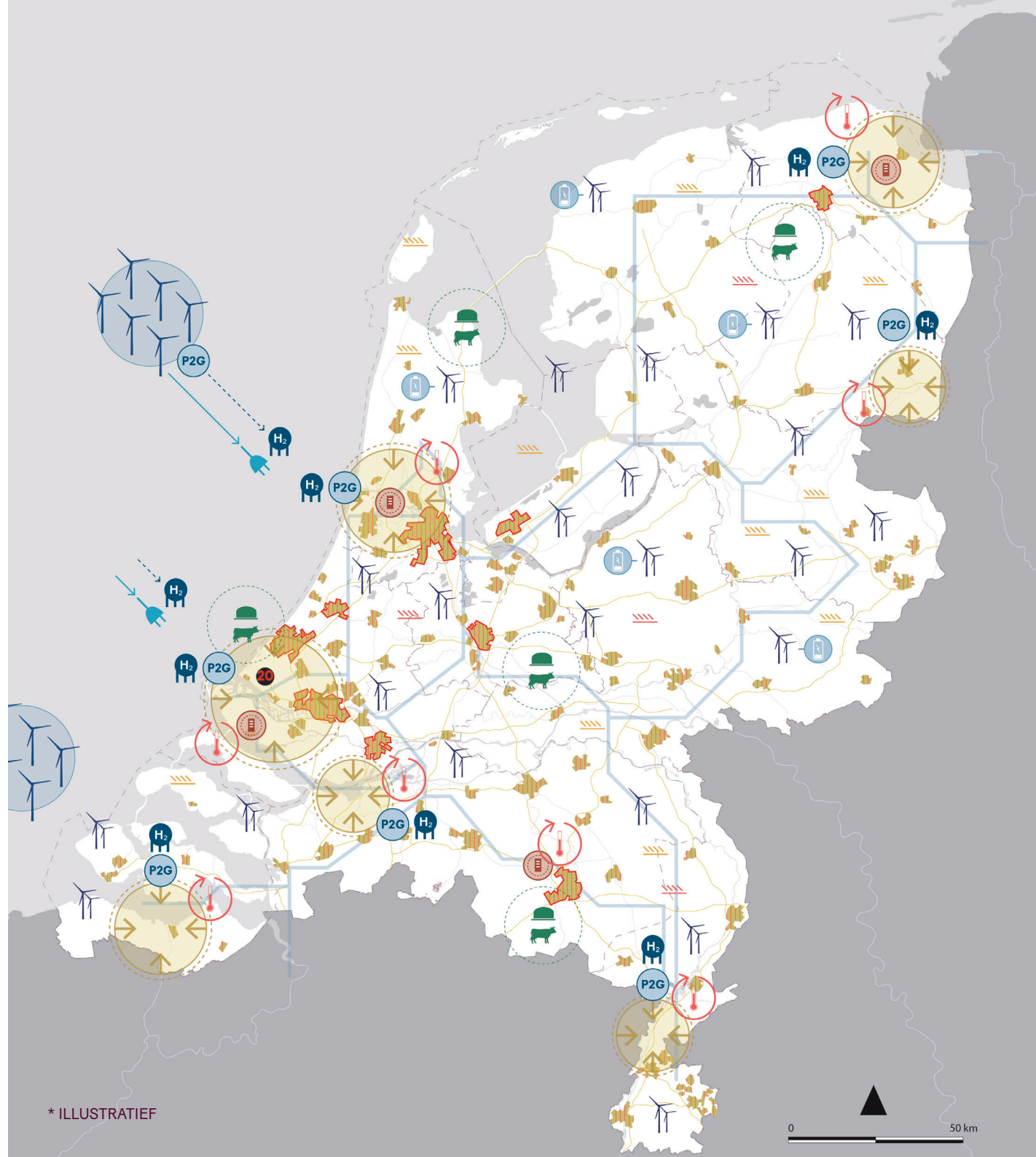
- PV op dak
- PV op velden Zuid (agrarisch)
- PV op velden O-W (agrarisch)
- PV op buiten water
- PV op binnen water
- Wind op zee
- Wind op land
- Wind op land (water)
- Geothermie
- Zonthermisch
- Biomassa local
- Biomassa import

Illustratieve scenario kaart

Dit is een illustratief scenario van een zelfvoorzienende regio met veel betrokkenheid van burgers. Systemen en ontwikkelingen vinden regionaal en verspreid over het land plaats. Geothermie wordt ingezet voor de warmtevraag van de gebouwde omgeving en de industrie krimpt. Door elektrificatie van vervoer is de vraag naar flexibele vermogen groot: opslag in accu's, conversie naar waterstof of power to heat. Dit scenario gaat niet uit van import van biomassa.

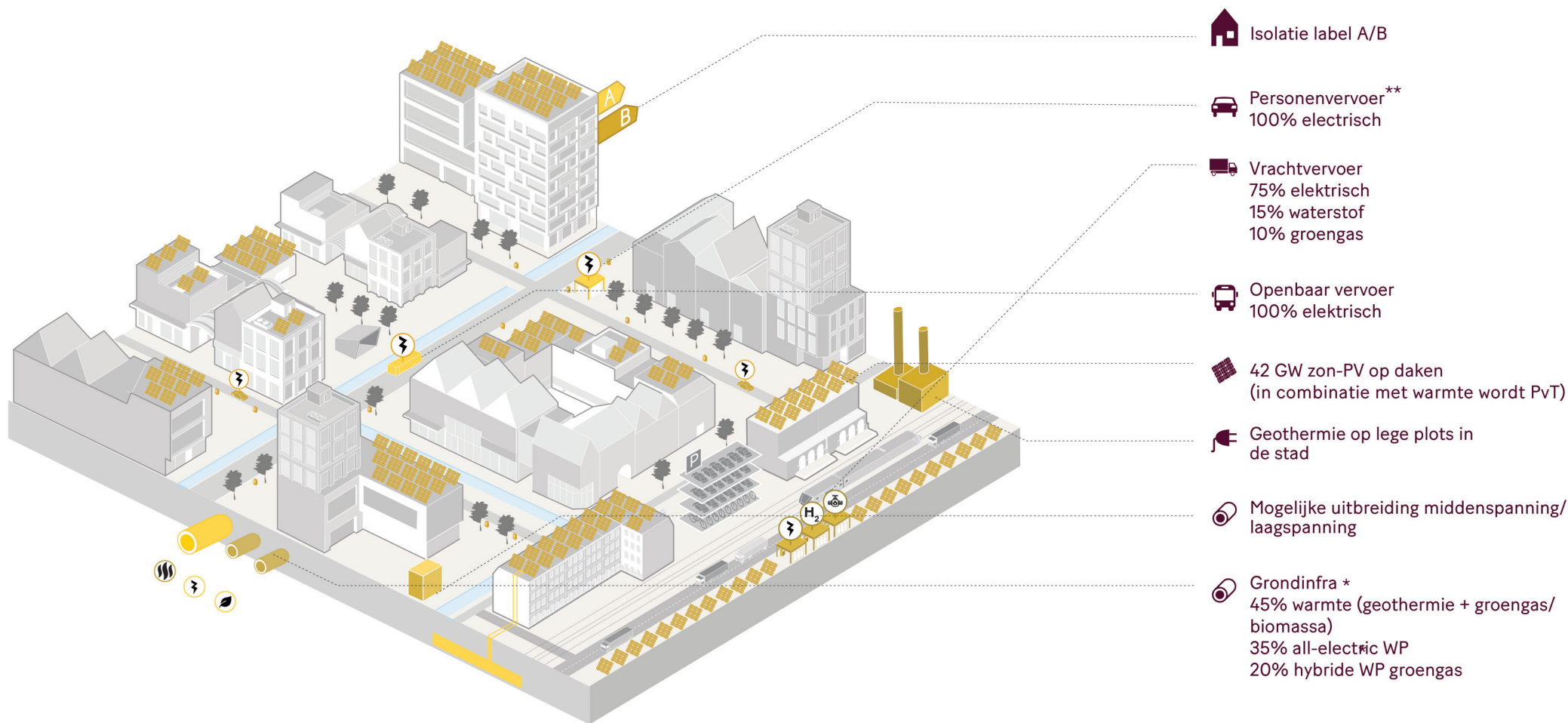
LEGENDA

-  Isolatie label A/B
Energiebesparing door zuiniger apparaten 10%
-  45% warmte (100% geothermie met piek groengas/biomassa)
35% all-electric WP
20% hybride WP groengas
-  PVT op daken 100%
-  Thuis- en/of wijkbatterijen
-  Zonne-energie in zonneweiden verspreid, ook op water (47 GW)
-  Wind op land verspreid (20 MW)
en zee geclusterd (43 MW)
-  Bijna volledig elektrisch vervoer, E-opslag langs infrastructuur
-  Sterke elektrificatie, inzet groen gas, Krimp industrie -1%/jaar
-  Raffinage 20% resteert
-  Aanlanding wind op zee in elektriciteit
-  Aanlanding wind op zee in waterstof
-  Extra ruimte voor uitbreiding laagspanningsnetwerk (+)
-  Ondergrondse waterstofopslag op zee
-  Conversie naar waterstof en/of methaan
-  Toevoer restwarmte van industrie aan warmtenet
-  Zonne-thermie in weiden verspreid, ook op water
-  ICT (datacenters) groei
-  Geothermie
-  Biomassa eigen potentieel: opslag, conversie naar groengas (vrachtvervoer en elektriciteit), glastuinbouw, chemie industrie en elektriciteit



* ILLUSTRATIEF

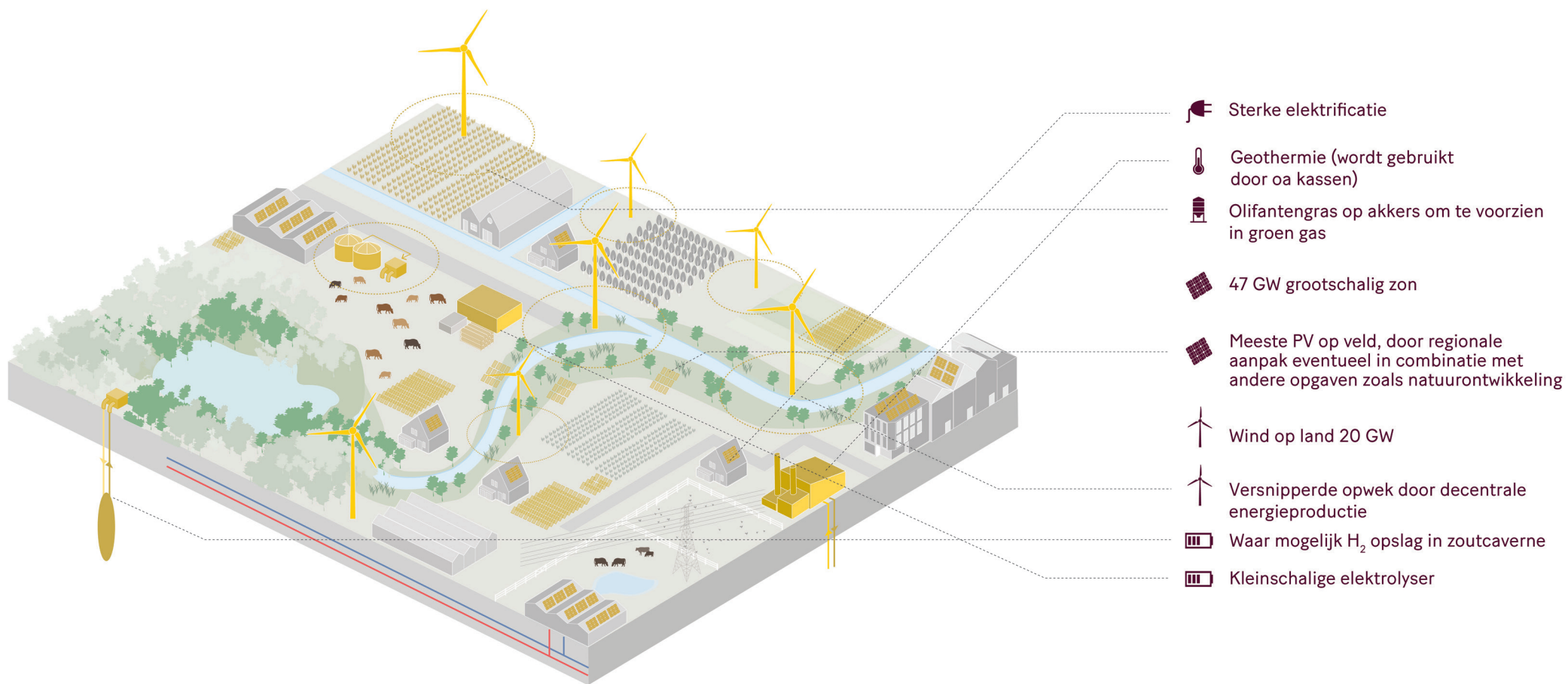
Regionale sturing Stedelijke omgeving



* deze liggen niet altijd naast elkaar, er kunnen keuzes worden gemaakt per wijk

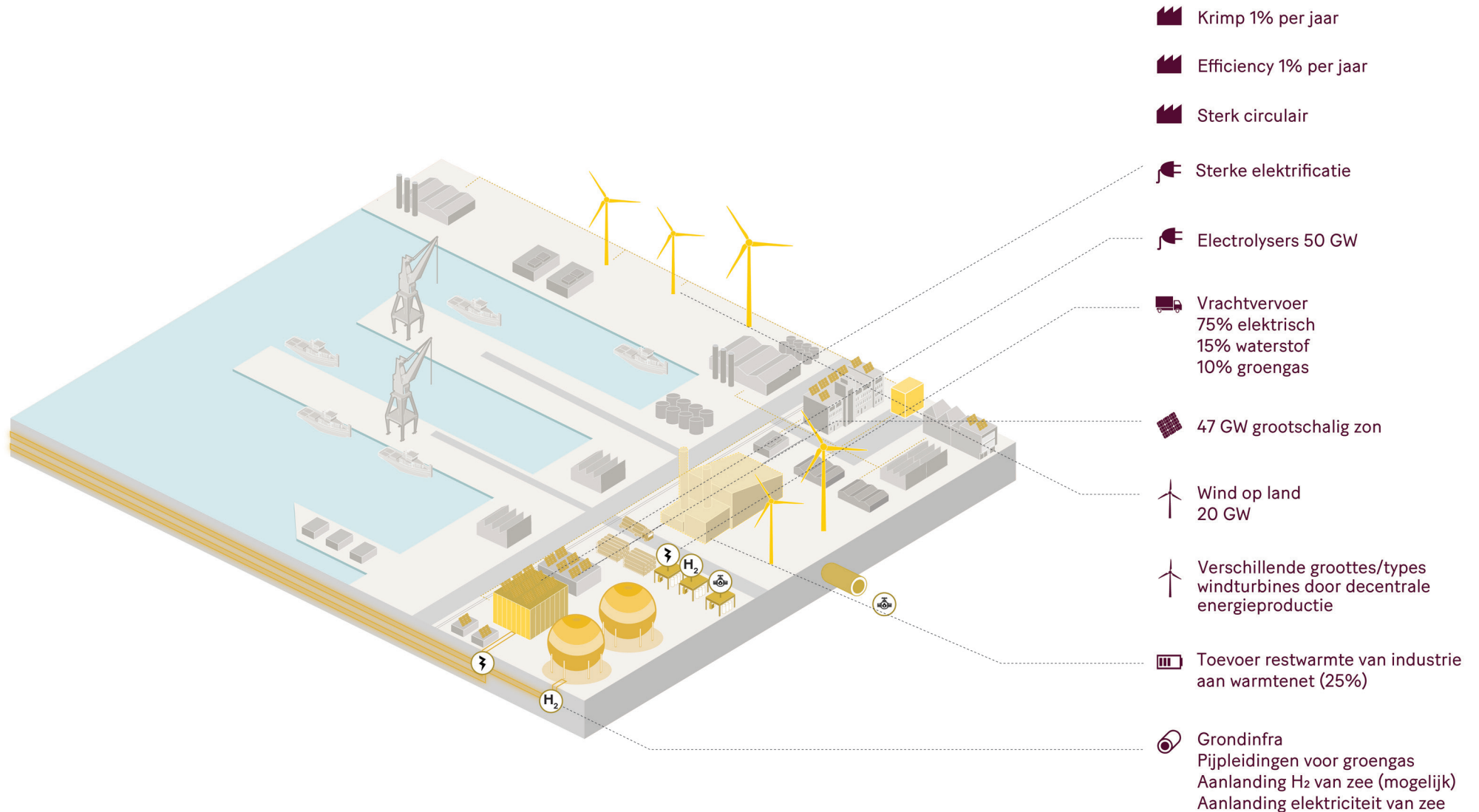
** de huidige brandstofvoorziening zal verdwijnen en ruimte vrijmaken

Regionale sturing Landschappelijke omgeving

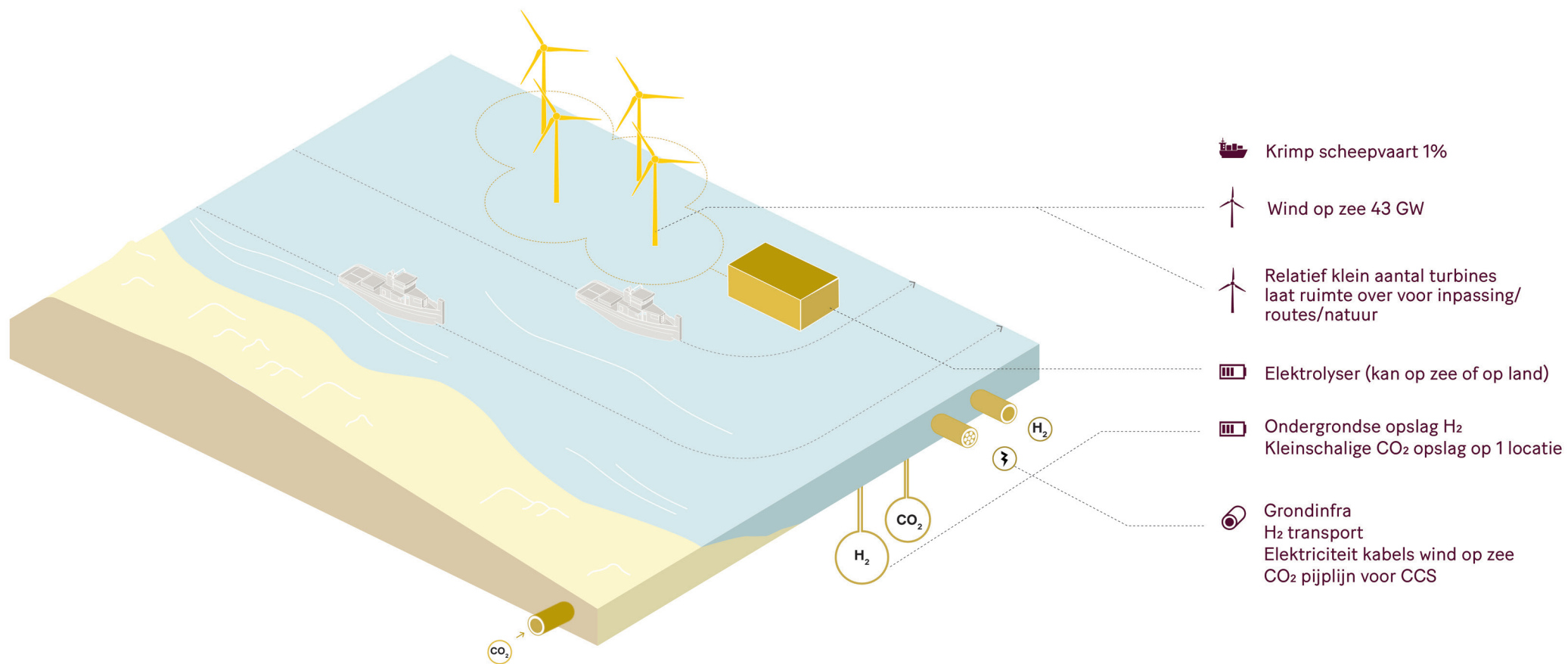


Regionale sturing

Industriële clusters en haven



Regionale sturing Zee en kustzone



Scenario nationale sturing

- extensieve opstelling
- intensieve opstelling
- extensieve opstelling
- intensieve opstelling























| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-------|-------|---|----|-------|-----|
| intensief | km ² | 179 | 683 | 854 | 837 | 661 | 7.200 | 5.000 | 3.333 | 4 | 14 | 2.138 | |
| extensief | km ² | | 263 | 328 | 418 | 297 | 12.000 | 2.500 | 2.500 | | | | 0 s |

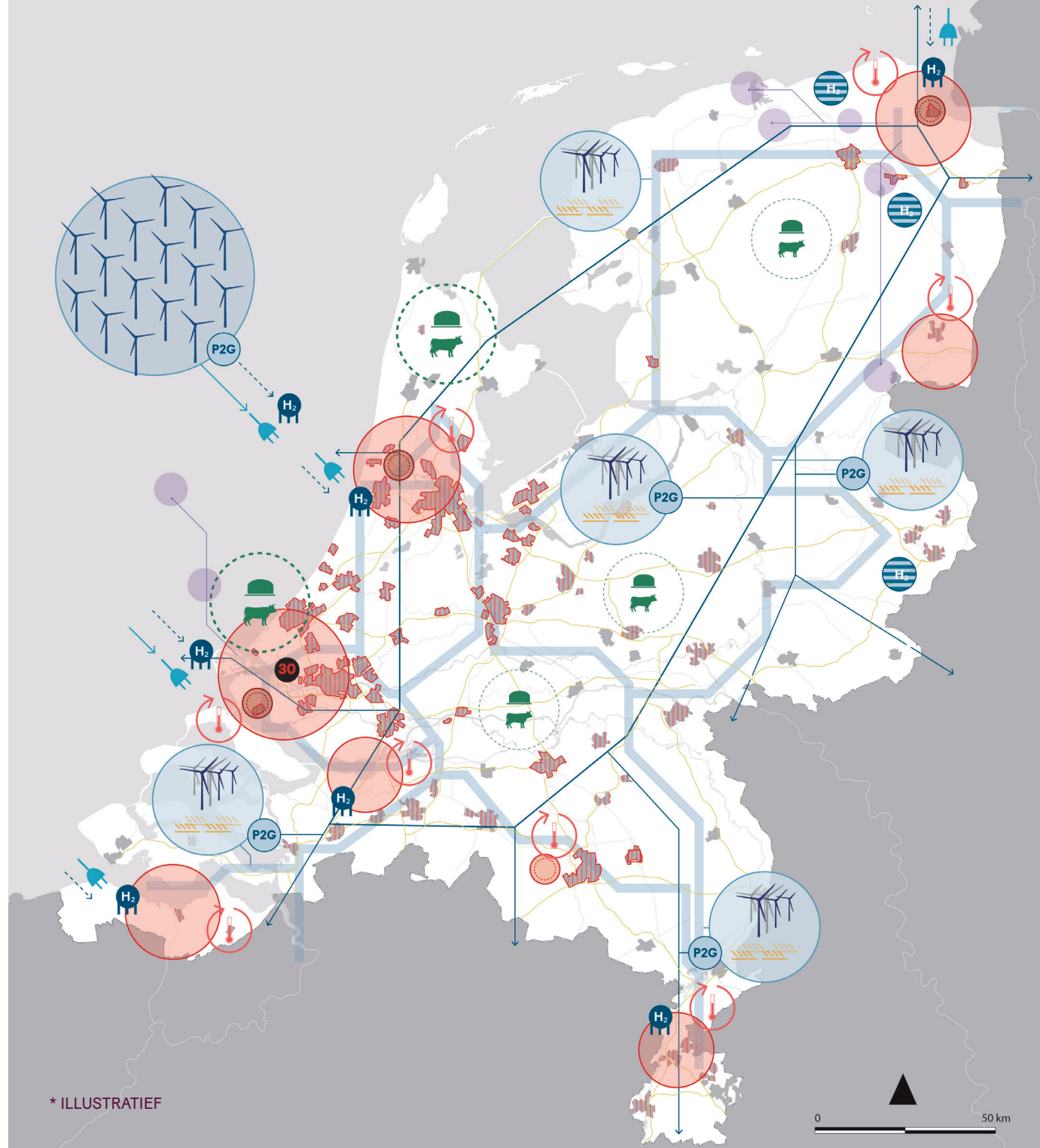
| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------------|------------|--------------|----------------|-----------------|
| PV op dak | PV op velden Zuid (agrarisch) | PV op velden O-W (agrarisch) | PV op buiten water | PV op binnen water | Wind op zee | Wind op land | Wind op land (water) | Geothermie | Zonthermisch | Biomassa local | Biomassa import |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|----------------------|------------|--------------|----------------|-----------------|

Illustratieve scenario kaart

Dit is een illustratief scenario van een zelfvoorzienend Nederland. Er zijn veel grootschalige, regionale initiatieven en systeemkeuzes worden nationaal genomen. Dit scenario heeft de grootste hoeveelheid energie van zon en wind, zowel op land als op zee. Het hoogspanningsnet groeit, er is een groot aandeel elektrolyse en een centraal waterstofnetwerk. De industrie stagneert en verduurzaamt.

LEGENDA

-  Isolatie label A
Energiebesparing door zuiniger apparaten 10%
-  55% all-electric WP
25% warmte (70% geothermie, 15% groen gas, 10% biomassa, 5% restwarmte)
20% hybride WP groengas
-  PVT op daken 50%
-  Thuis- en/of wijkbatterijen
Warmtecascades via restwarmte 5% (AVI's)
-  Zonne-energie in zonneweiden icm turbines (41 GW)
-  Wind op land clusters (20 MW)
en zee geclusterd (72 MW)
-  Vooral elektrisch vervoer en waterstof_E en H₂-opslag langs infrastructuur
-  Industrie: Gelijk aan huidig, Sterke elektrificatie inzet waterstof
-  Raffinage 30% resteert
-  Aanlanding wind op zee in elektriciteit
-  Aanlanding wind op zee in waterstof
-  Veel-extra ruimte voor uitbreiding hoogspanningsnetwerk (++)
-  Centraal waterstofnetwerk
-  Seizoensopslag waterstof in zoutcavernes
-  Bovengronds waterstofopslag
-  Conversie naar waterstof en/of methaan
-  Toevoer restwarmte van industrie aan warmtenet
-  Weinig opslag van CO₂ uit industrie in de ondergrond (CCS mogelijk)
-  Geothermie
-  Biomassa eigen potentieel: opslag, conversie naar groengas (warmtenet, opslag), glastuinbouw, chemie industrie en elektriciteit

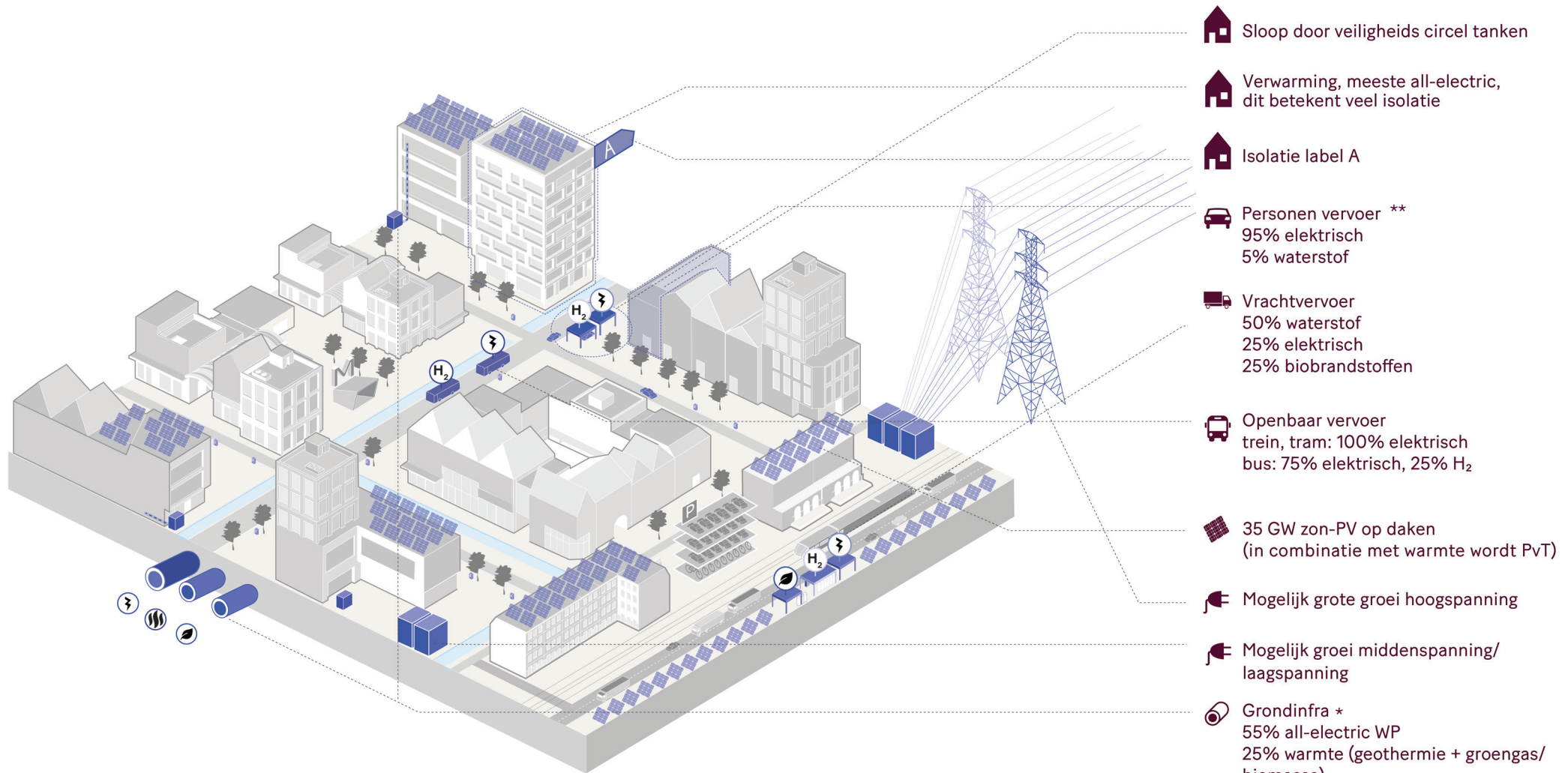


* ILLUSTRATIEF

0 50 km

Nationale sturing

Stedelijke omgeving



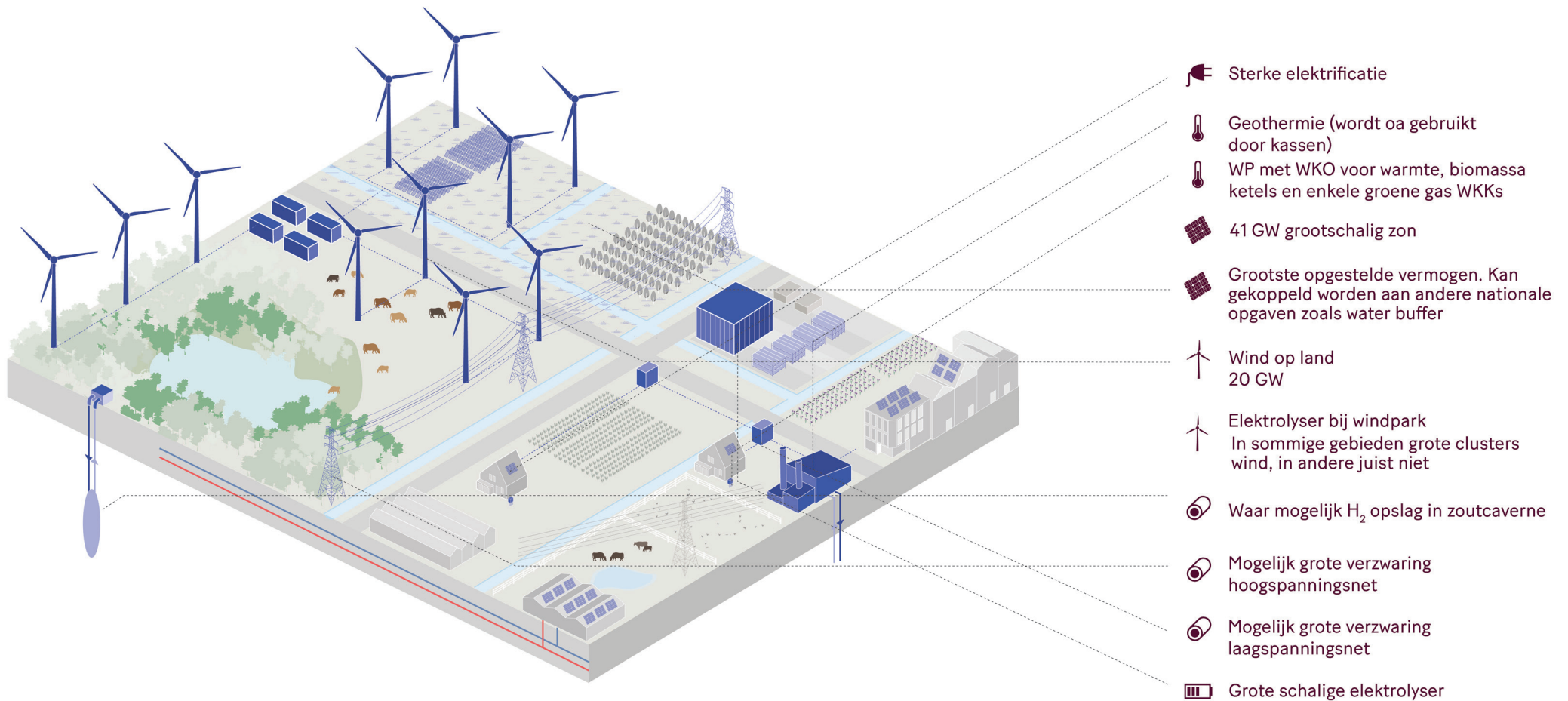
- Sloop door veiligheids cirkel tanken
- Verwarming, meeste all-electric, dit betekent veel isolatie
- Isolatie label A
- Personen vervoer **
95% elektrisch
5% waterstof
- Vrachtovervoer
50% waterstof
25% elektrisch
25% biobrandstoffen
- Openbaar vervoer
trein, tram: 100% elektrisch
bus: 75% elektrisch, 25% H₂
- 35 GW zon-PV op daken
(in combinatie met warmte wordt PvT)
- Mogelijk grote groei hoogspanning
- Mogelijk groei middenspanning/
laagspanning
- Grondinfra *
55% all-electric WP
25% warmte (geothermie + groengas/
biomassa)
20% hybride WP op groengas

* deze liggen niet altijd naast elkaar, er kunnen keuzes worden gemaakt per wijk

** de huidige brandstofvoorziening zal verdwijnen en ruimte vrijmaken

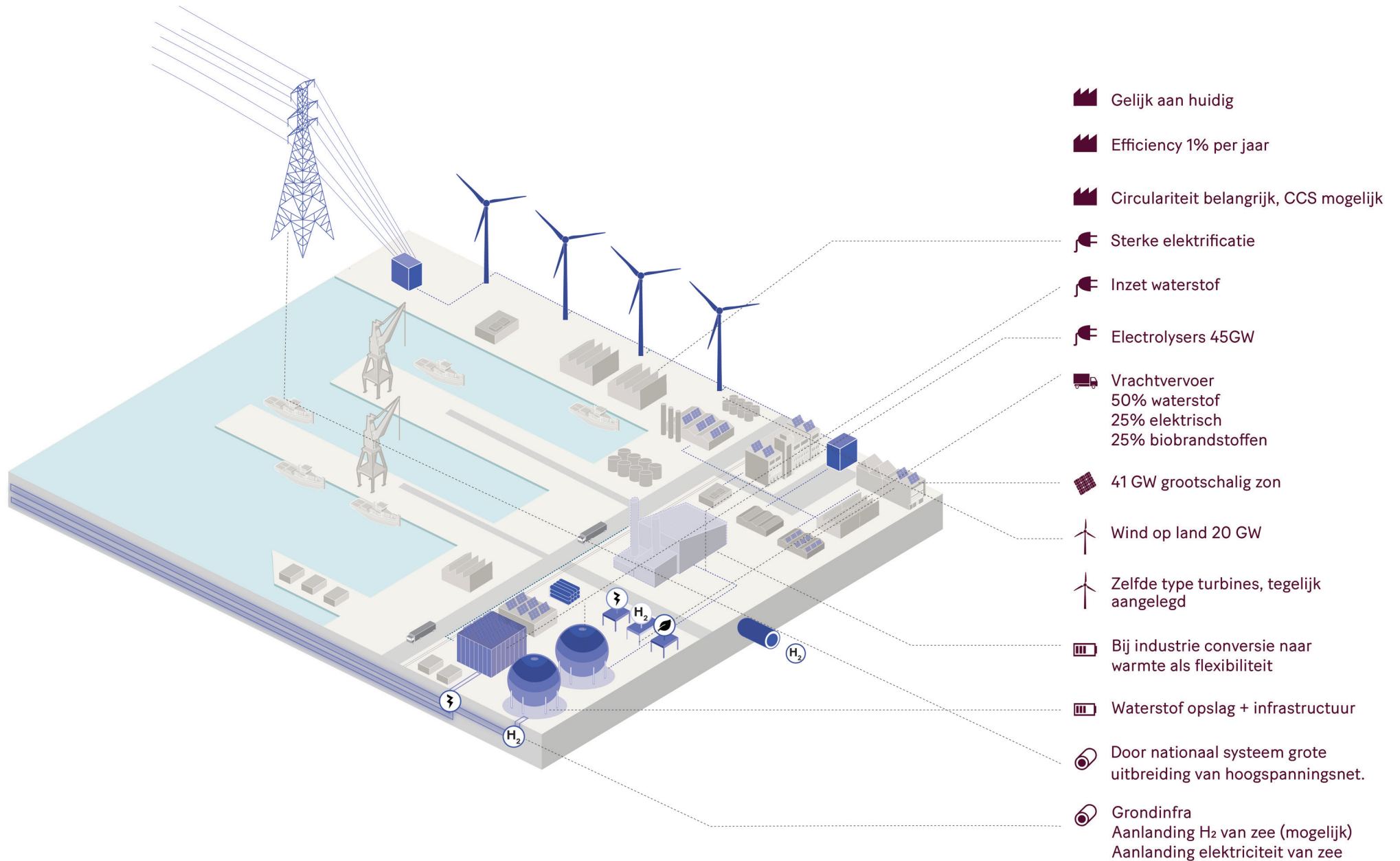
Nationale sturing

Landschappelijke omgeving

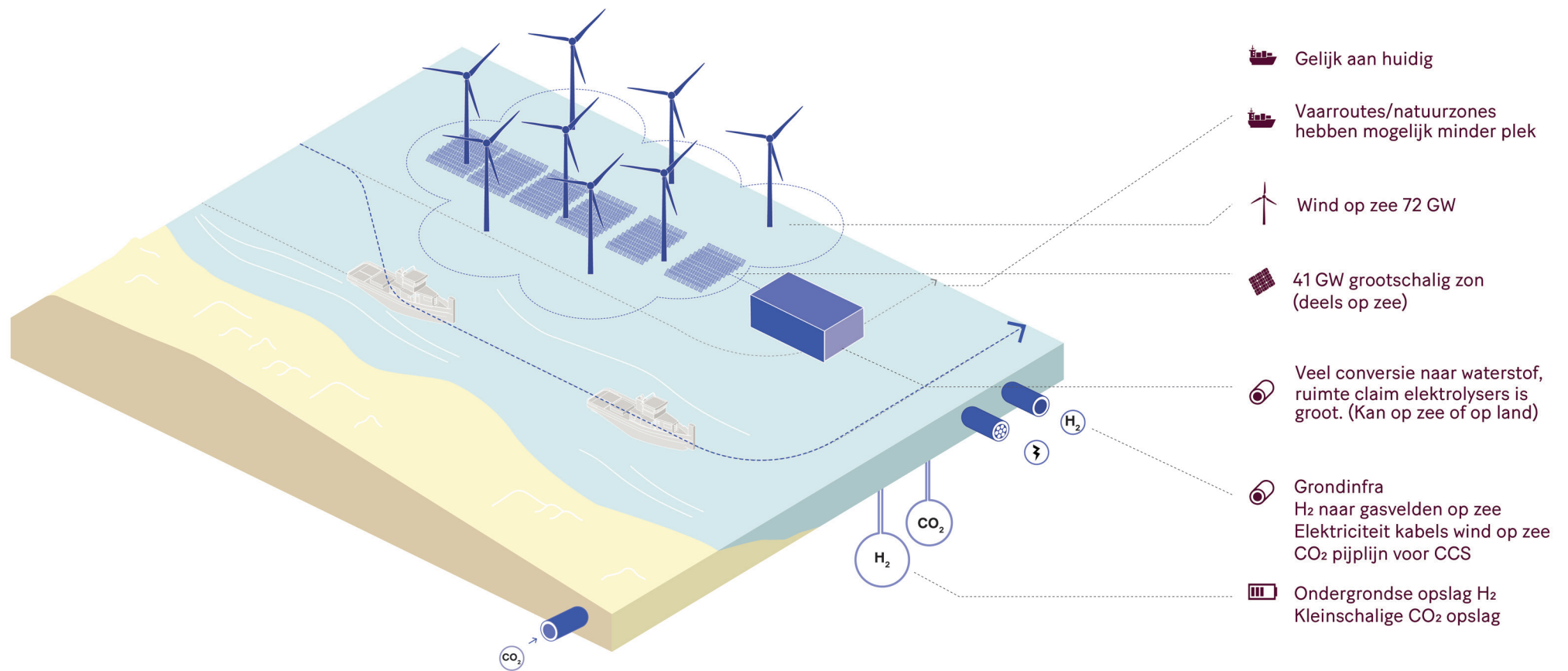


Nationale sturing

Industriële clusters en haven

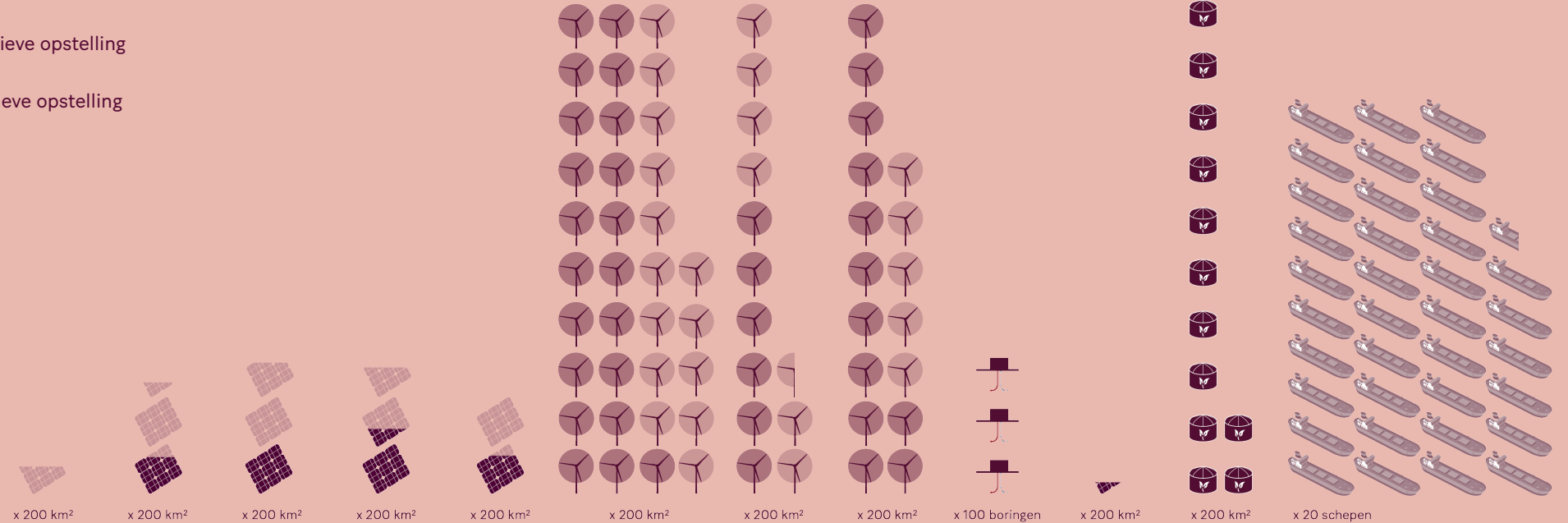


Nationale sturing Zee en kustzone



Scenario Europese CO₂-sturing

-  extensieve opstelling
-  intensieve opstelling
-  extensieve opstelling
-  intensieve opstelling


























| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|---|----|-------|-------|
| intensief | km ² | 87 | 417 | 521 | 510 | 403 | 7.000 | 2.500 | 1.667 | 3 | 12 | 2.375 | |
| extensief | km ² | | 160 | 200 | 255 | 181 | 4.200 | 1.250 | 1.250 | | | | 730 s |

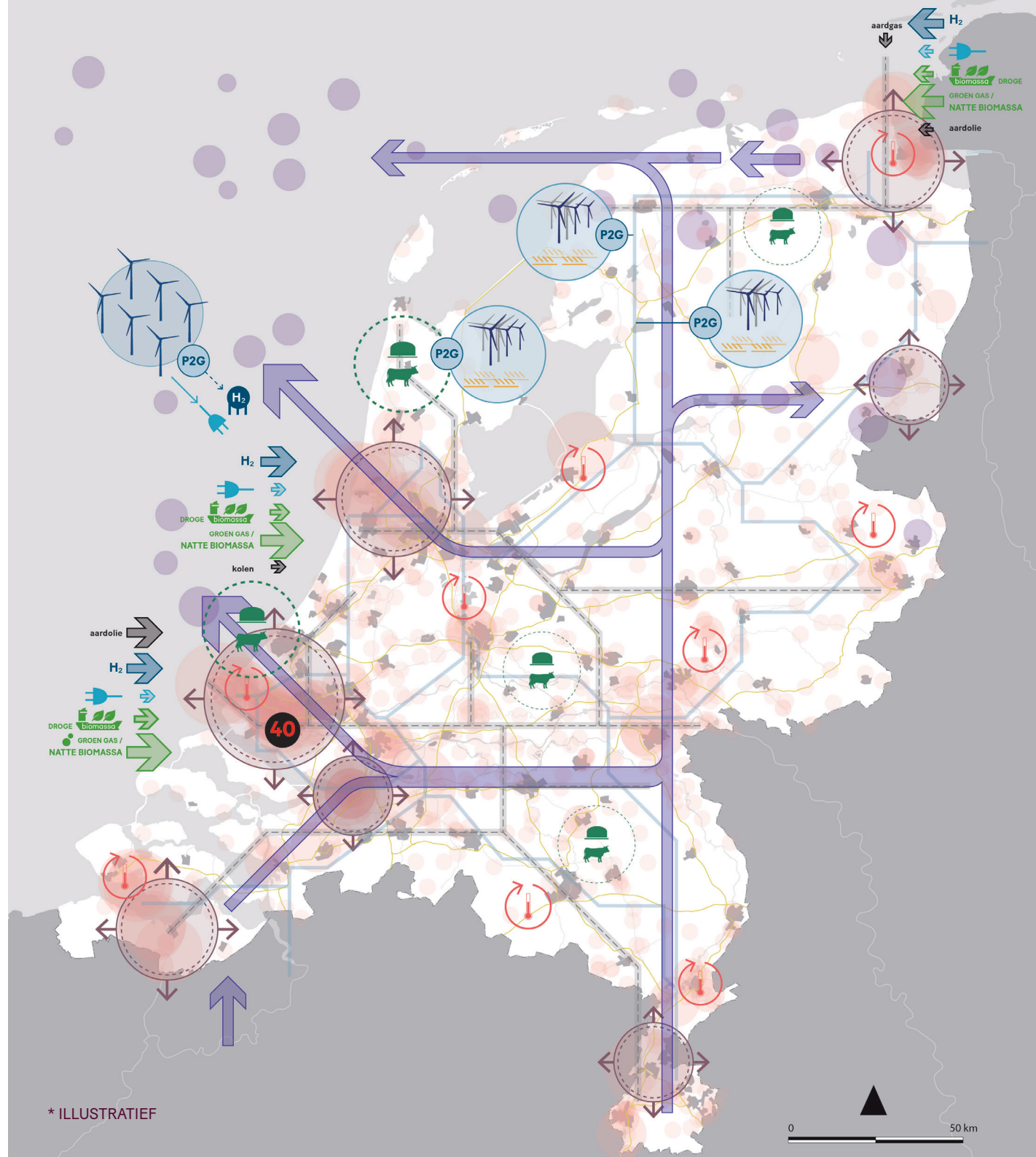
- PV op dak
- PV op velden Zuid (agrarisch)
- PV op velden O-W (agrarisch)
- PV op buiten water
- PV op binnen water
- Wind op zee
- Wind op land
- Wind op land (water)
- Geothermie
- Zonthermisch
- Biomassa local
- Biomassa import

Illustratieve scenario kaart

Dit is een illustratief scenario waarin Nederland niet zelfvoorzienend is en op Europees niveau gestuurd wordt. Dit scenario zet in op de import van biomassa. De industrie groeit en verduurzaamd en de CO₂ wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen zowel op zee als op land. Op Europees niveau wordt er gestuurd op CO₂-belasting aan de grens.

LEGENDA

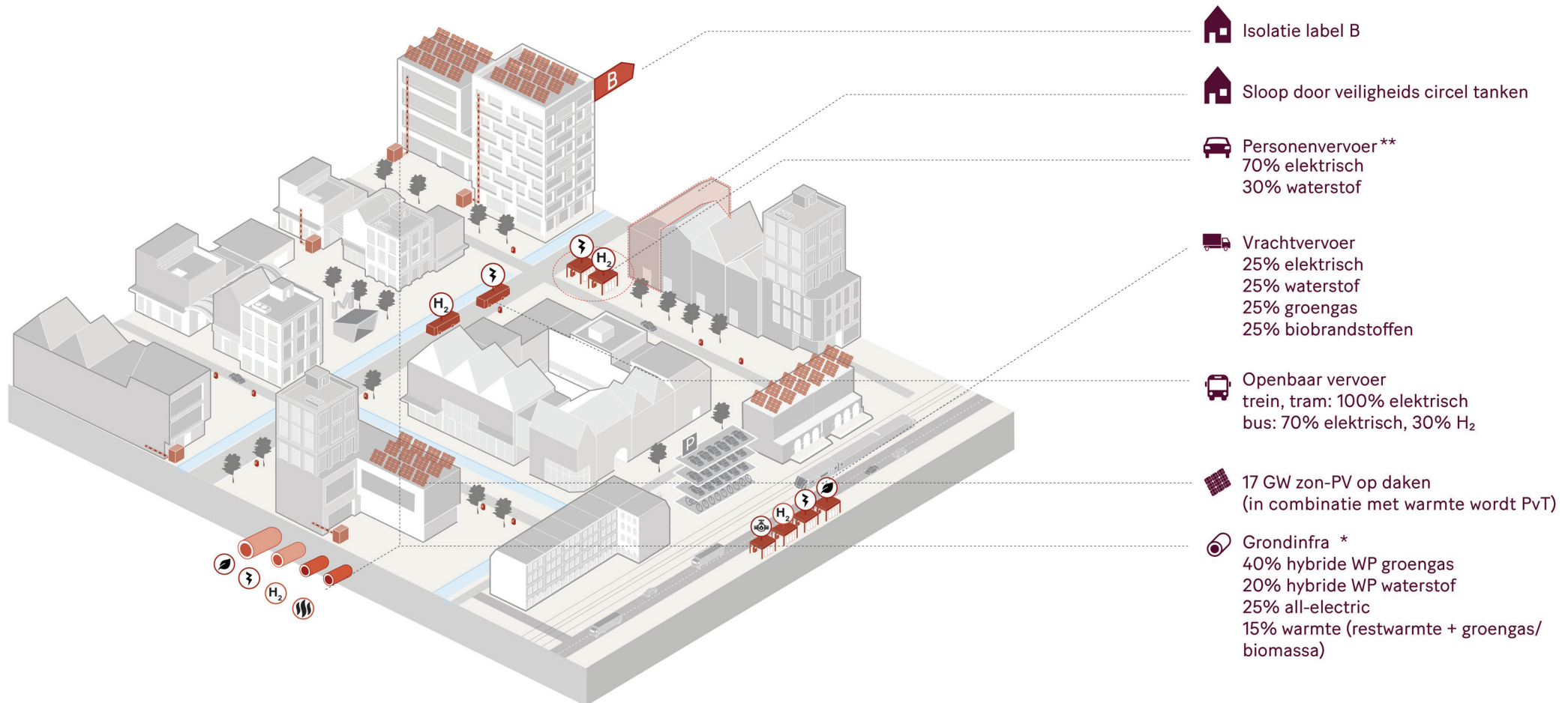
-  Isolatie label B
-  Energiebesparing door zuiniger apparaten 10%
-  40% hybride WP groengas
-  20% hybride WP waterstof
-  25% all-electric
-  15% warmte (14% geothermie, 66% groen gas, 8% biomassa, 12% restwarmte)
-  PVT op daken 40%
-  Thuisbatterijen
-  Warmte cascades via restwarmte 12% (AVI's en industrie)
-  Zonne-energie in zonnevelden icm turbines (25 GW)
-  Wind op land clusters (10 MW) en zee geclusterd (42 MW)
-  Elektrisch vervoer en waterstof E en H₂-opslag langs infrastructuur
-  Sterke elektrificatie en inzet waterstof, fossiele feedstock, groei +1%/jaar
-  Raffinage 40% resteert
-  Aanlanding wind op zee in elektriciteit
-  Aanlanding wind op zee in waterstof
-  Extra ruimte voor uitbreiding hoogspanningsnetwerk (+)
-  Centraal CO₂ netwerk
-  Conversie naar waterstof en/of methaan
-  Toevoer restwarmte van industrie aan warmtenet
-  Veel opslag van CO₂ uit industrie in de ondergrond (CCS belangrijk)
-  Biomassa import Economic fairshare: conversie naar groengas (warmtenet, opslag), glastuinbouw, chemie industrie
-  Import



* ILLUSTRATIEF

Europese CO₂-sturing

Stedelijke omgeving

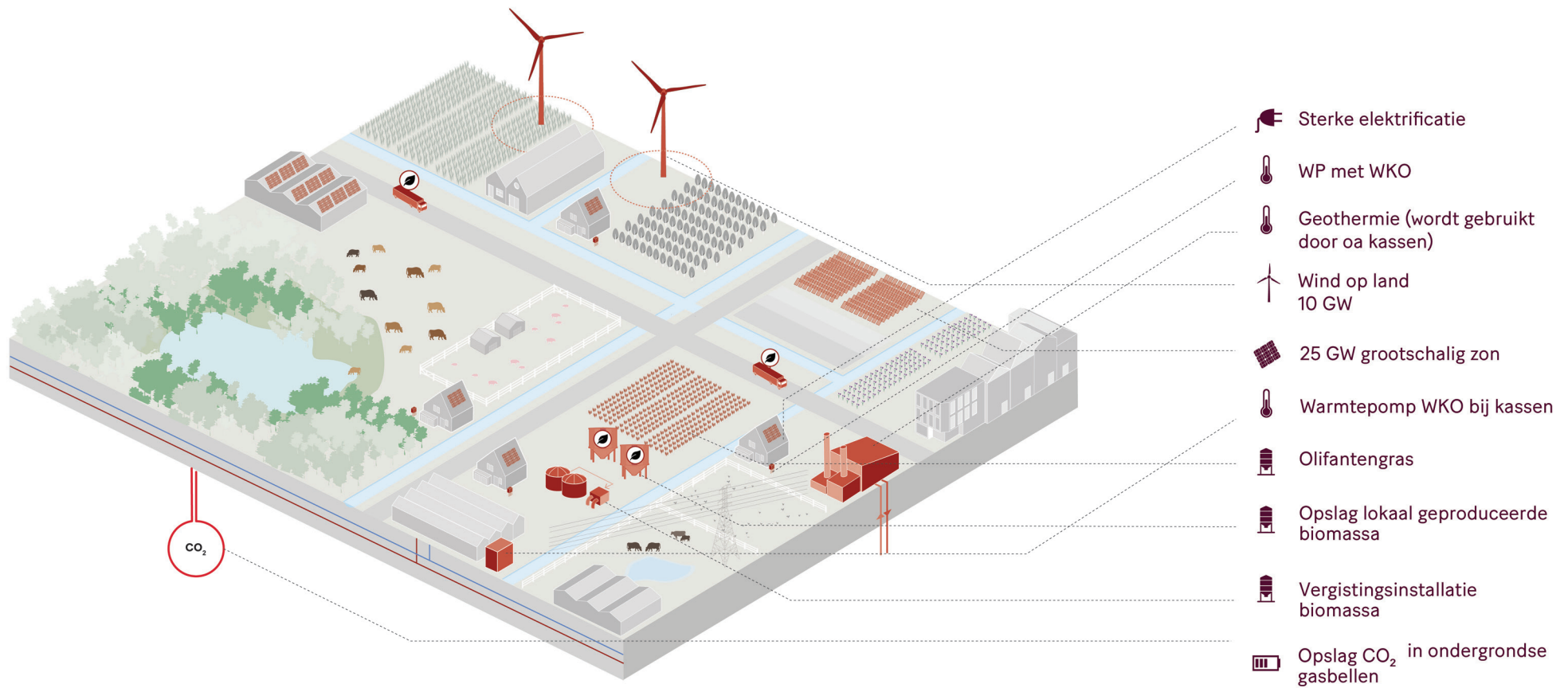


* deze liggen niet altijd naast elkaar, er kunnen keuzes worden gemaakt per wijk

** de huidige brandstofvoorziening zal verdwijnen en ruimte vrijmaken

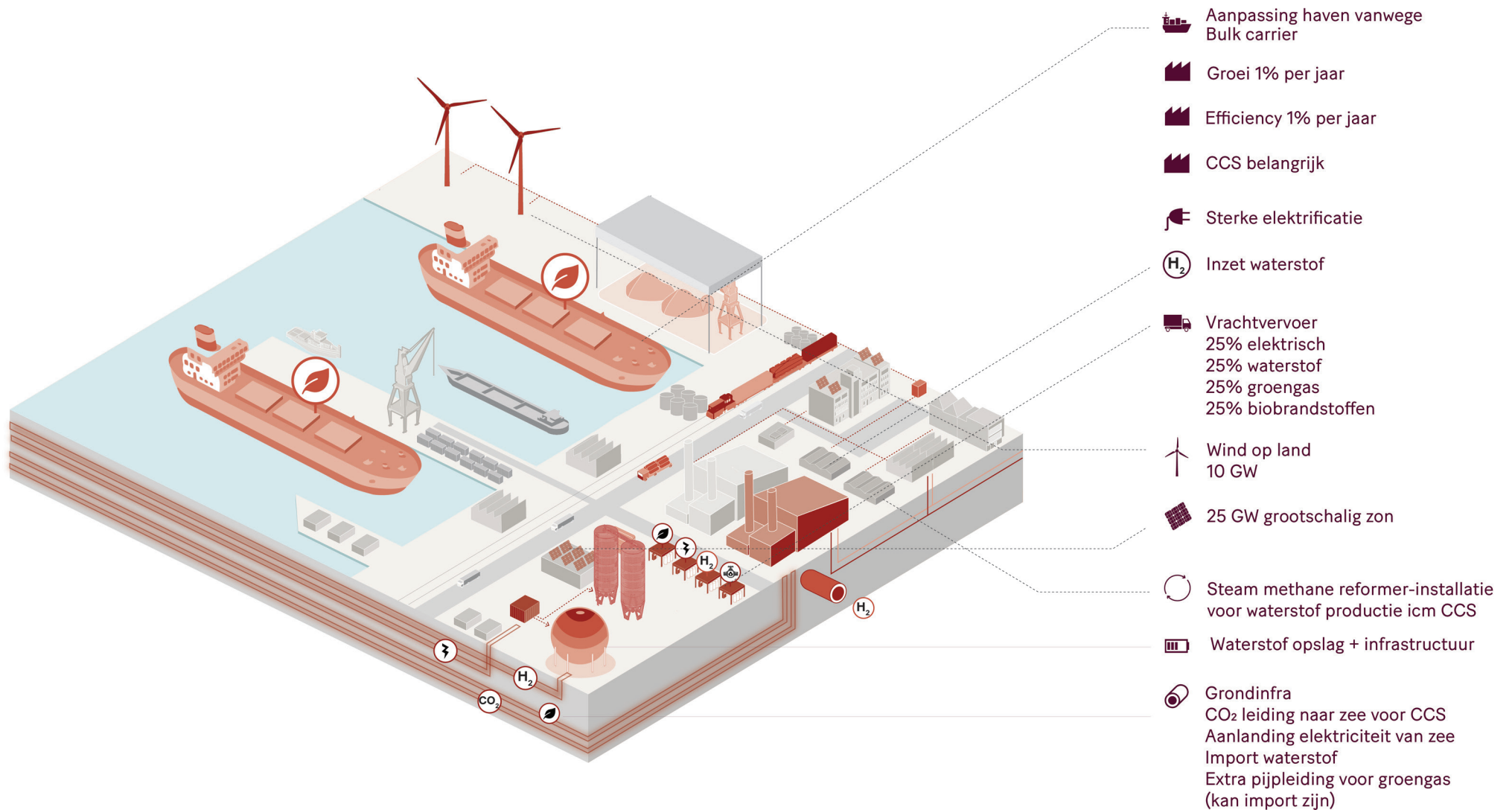
Europese CO₂-sturing

Landschappelijke omgeving

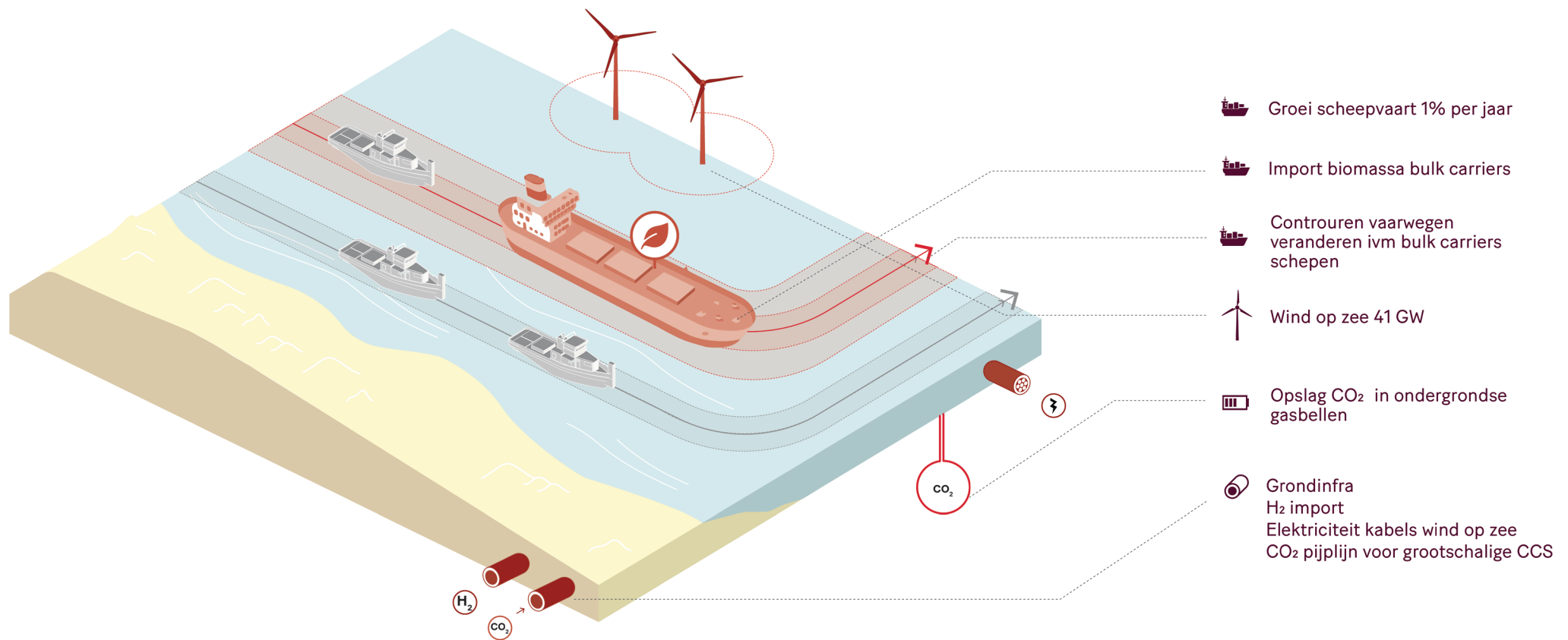


Europese CO₂-sturing

Industriële clusters en haven



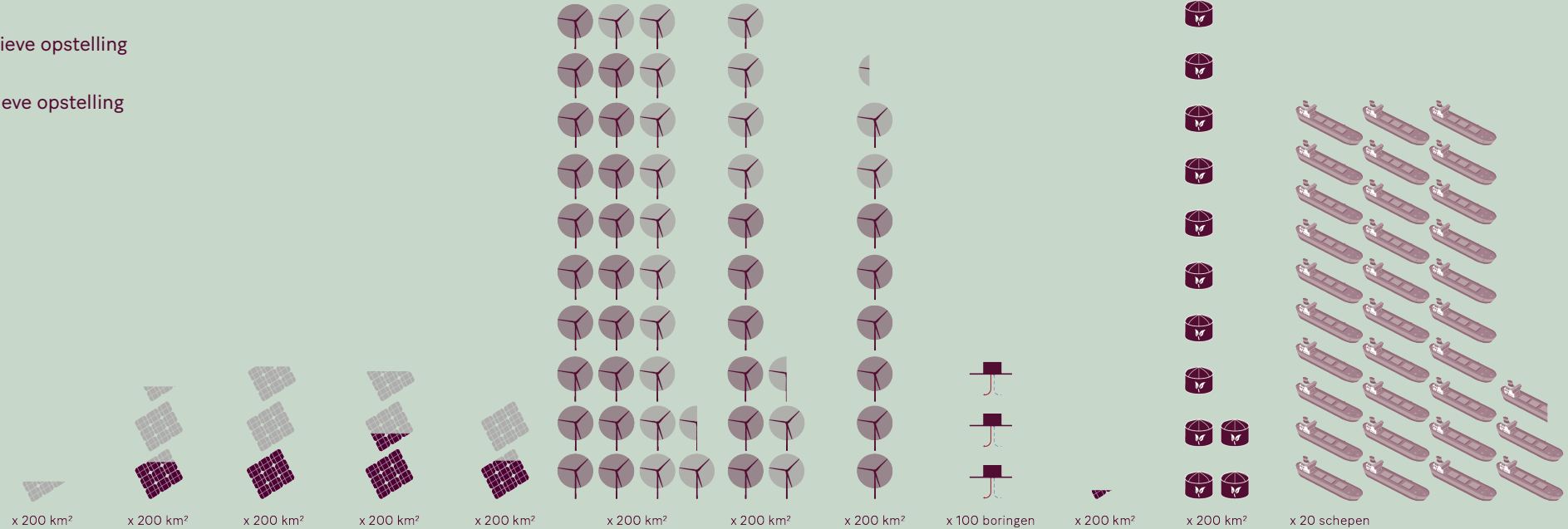
Europese CO₂-sturing Zee en kustzone



Scenario

Internationale sturing

- extensieve opstelling
- intensieve opstelling
- extensieve opstelling
- intensieve opstelling






















| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|---|---|-------|-------|
| intensief | km ² | 64 | 417 | 521 | 510 | 403 | 6.300 | 2.500 | 1.666 | 3 | 9 | 2.375 | |
| extensief | km ² | | 160 | 200 | 255 | 181 | 3.800 | 1.250 | 1.250 | | | | 656 s |

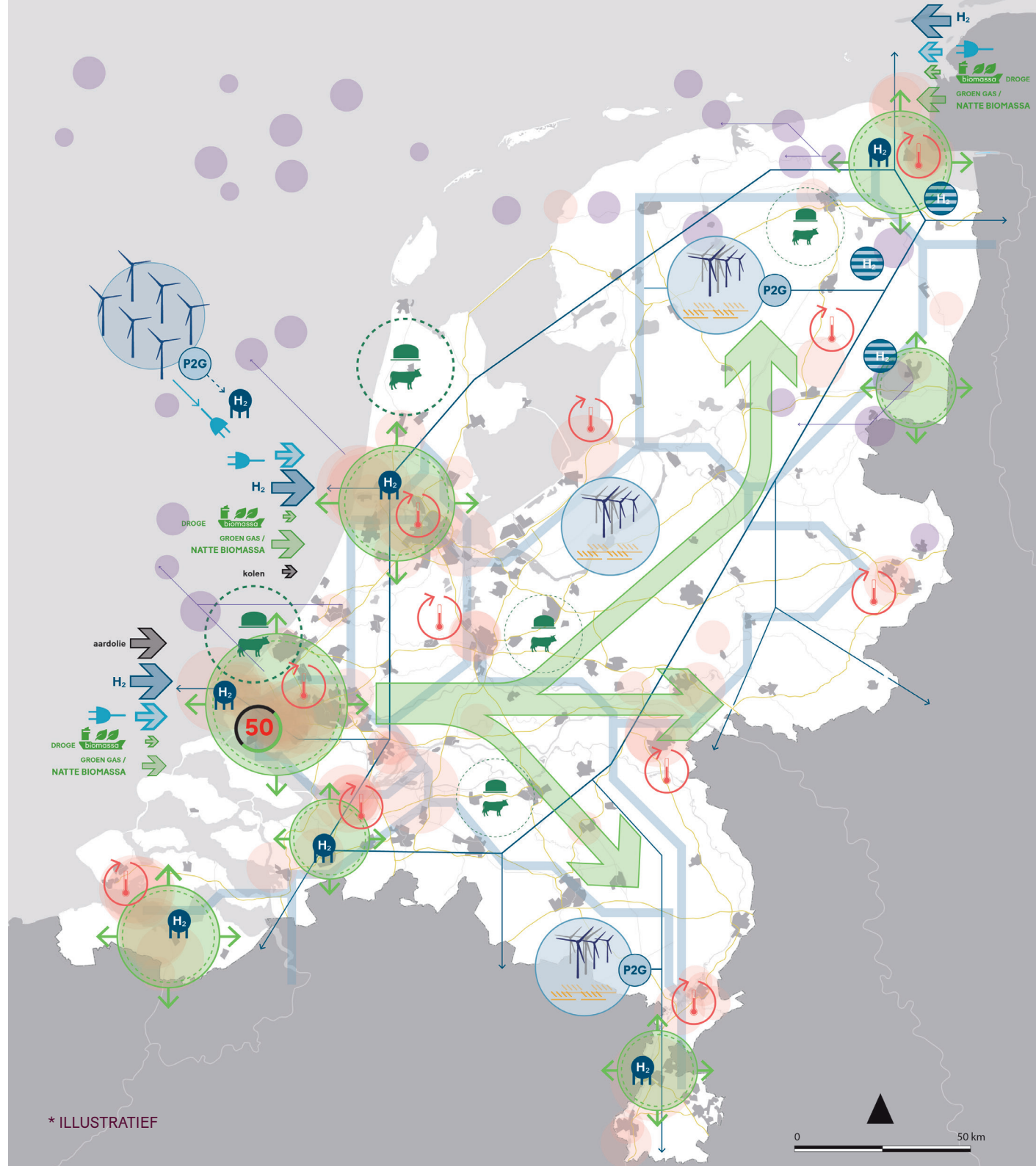
- PV op dak
- PV op velden Zuid (agrarisch)
- PV op velden O-W (agrarisch)
- PV op buiten water
- PV op binnen water
- Wind op zee
- Wind op land
- Wind op land (water)
- Geothermie
- Zonthermisch
- Biomassa local
- Biomassa import

Illustratieve scenario kaart

Dit is een illustratief scenario waarin Nederland niet zelfvoorzienend is en afhankelijk van de internationale markt. De vraag naar kerosine en bunkers is het hoogst, en CCS wordt het meest ingezet. De industrie groeit en grote hoeveelheden elektriciteit, waterstof en biomassa worden geïmporteerd, zonder belemmeringen van invoerquota of restricties.

LEGENDA

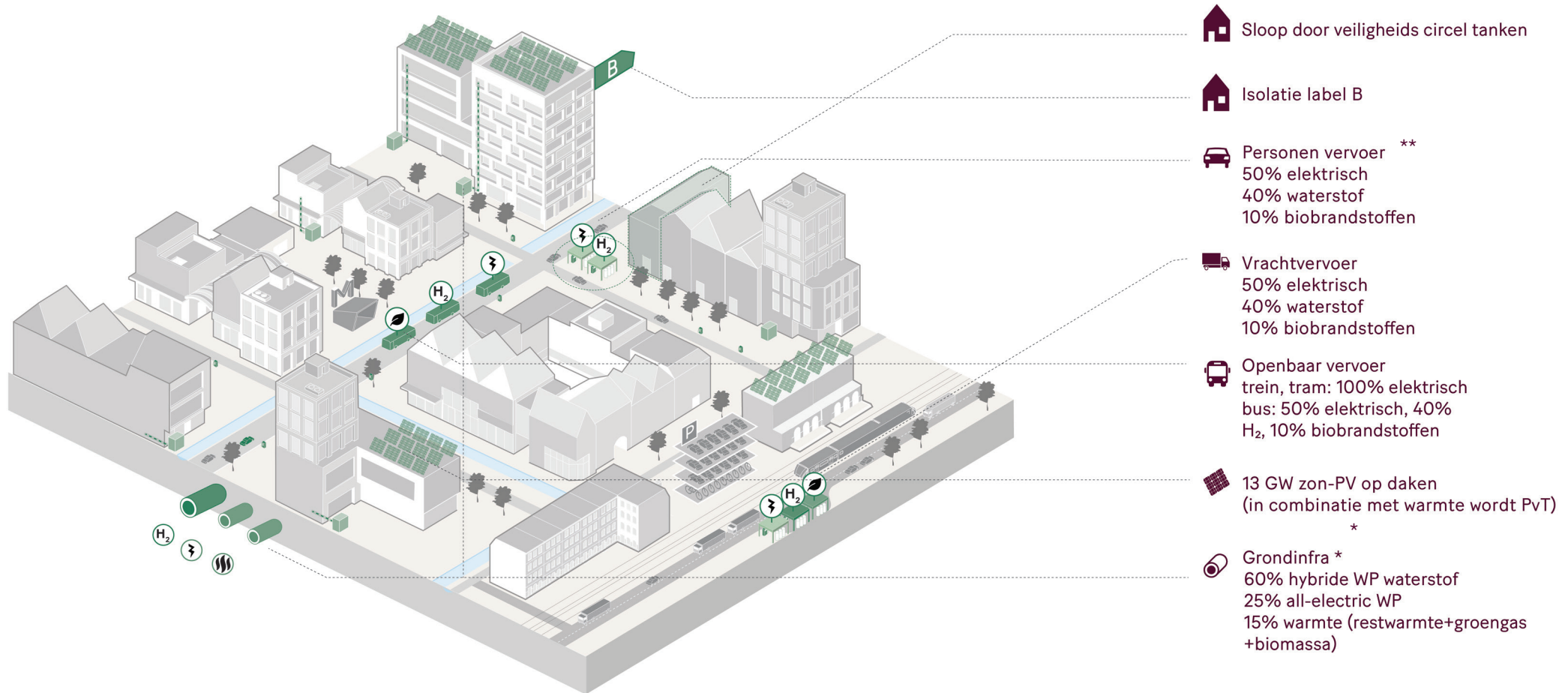
-  Isolatie label B
Energiebesparing door zuiniger apparaten 10%
-  60% hybride WP waterstof
25% all-electric WP
15% warmte (14% geothermie, 21% waterstof, 28% biomassa, 37% restwarmte)
-  PVT op daken 30%
-  Thuisbatterijen
Warmtecascades via restwarmte (AVI's en industrie)
-  Zonne-energie in zonneweiden icm turbines (25 GW)
-  Wind op land clusters (10 MW)
en zee geclusterd (38 MW)
-  Elektrisch vervoer en waterstof_ E en H₂-opslag langs infrastructuur
-  Biomassa-gebaseerde industrie, groei +1%/jaar
-  Raffinage 50% resteert
-  Aanlanding wind op zee in elektriciteit
-  Aanlanding wind op zee in waterstof
-  Veel extra ruimte voor uitbreiding hoogspanningsnetwerk (++)
-  Centraal waterstofnetwerk
-  CO₂ netwerk
-  Conversie naar waterstof en/of methaan
-  Bovengronds strategische reserves waterstof
-  Toevoer restwarmte van industrie aan warmtenet
-  Opslag van CO₂ uit industrie in de ondergrond (CCS belangrijk)
-  Biomassa importEconomic fairshare: conversie naar
groengas (warmtenet, opslag),
glastuinbouw, chemie industrie
-  Import



* ILLUSTRATIEF

Internationale sturing

Stedelijke omgeving

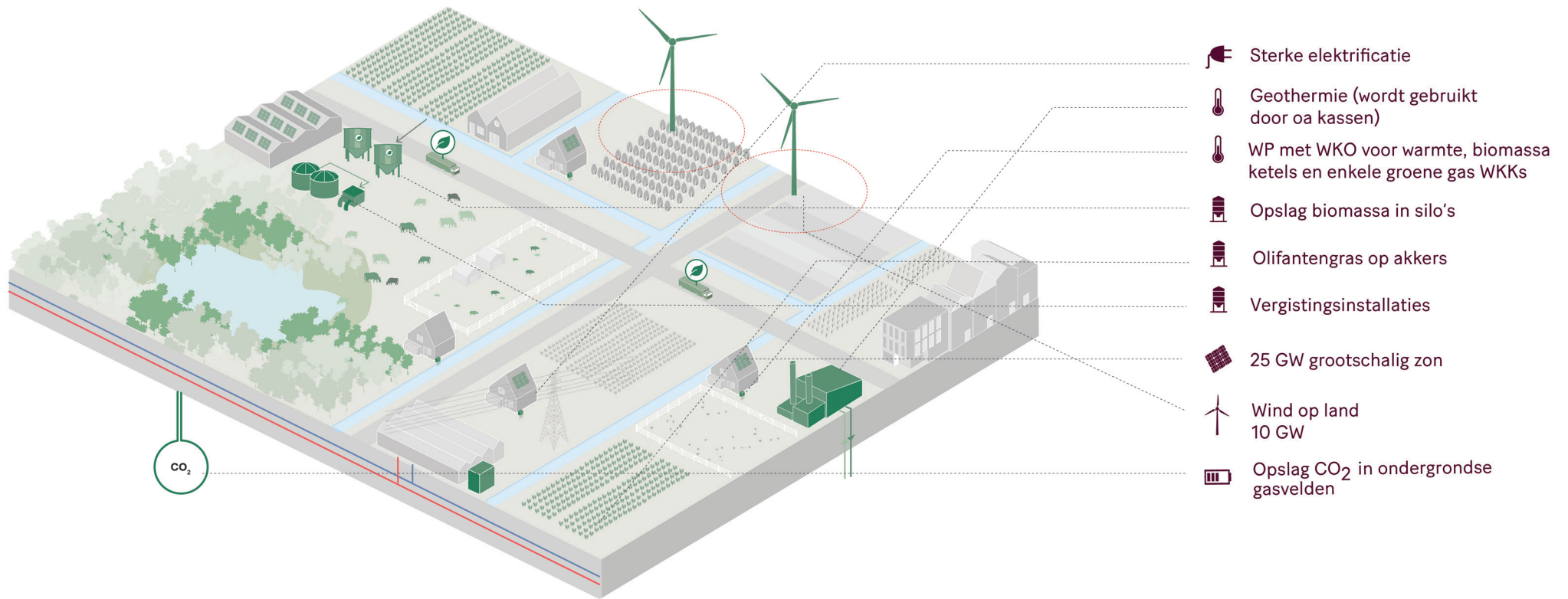


* deze liggen niet altijd naast elkaar, er kunnen keuzes worden gemaakt per wijk

** de huidige brandstofvoorziening zal verdwijnen en ruimte vrijmaken

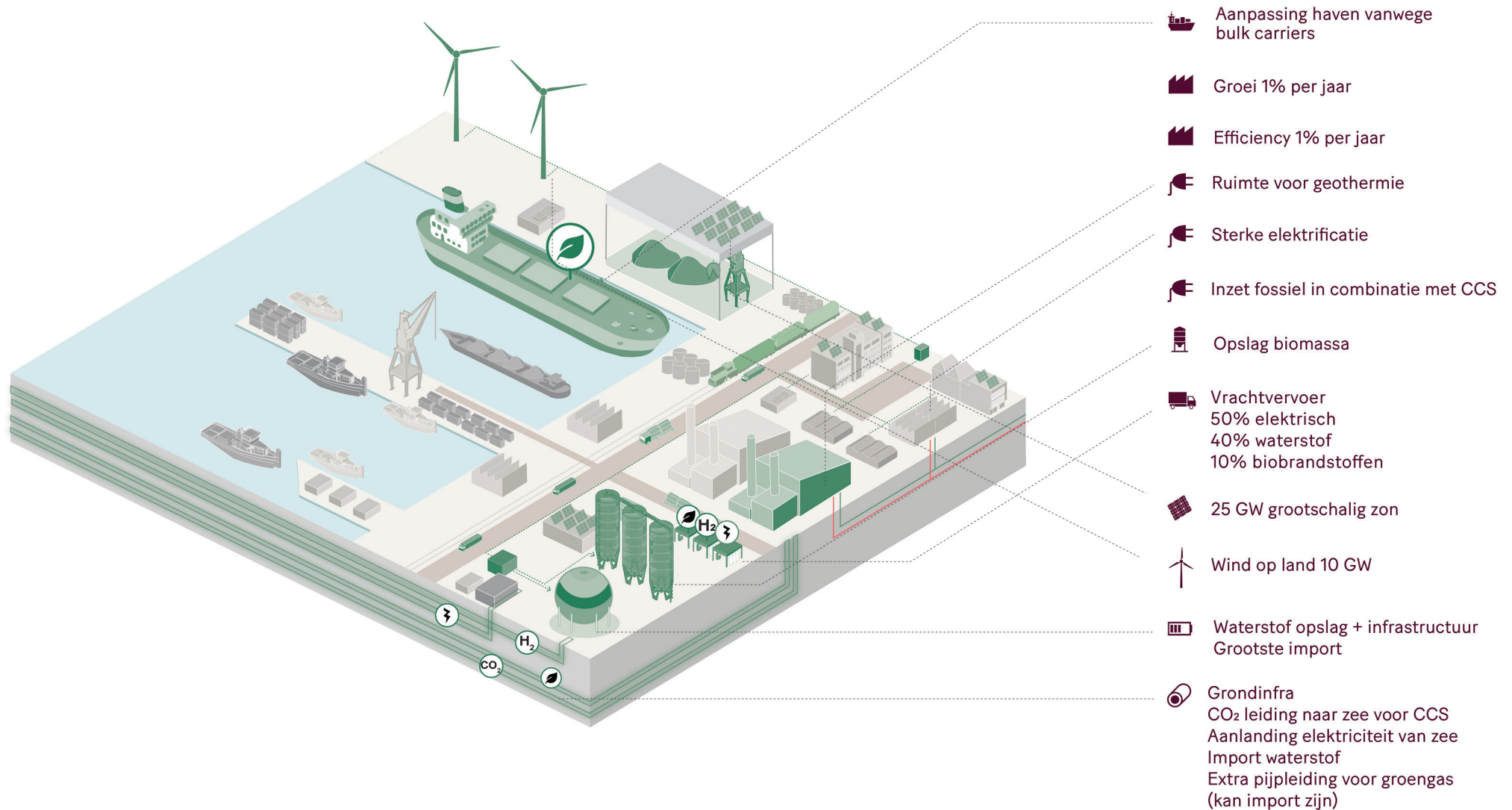
Internationale sturing

Landschappelijke omgeving

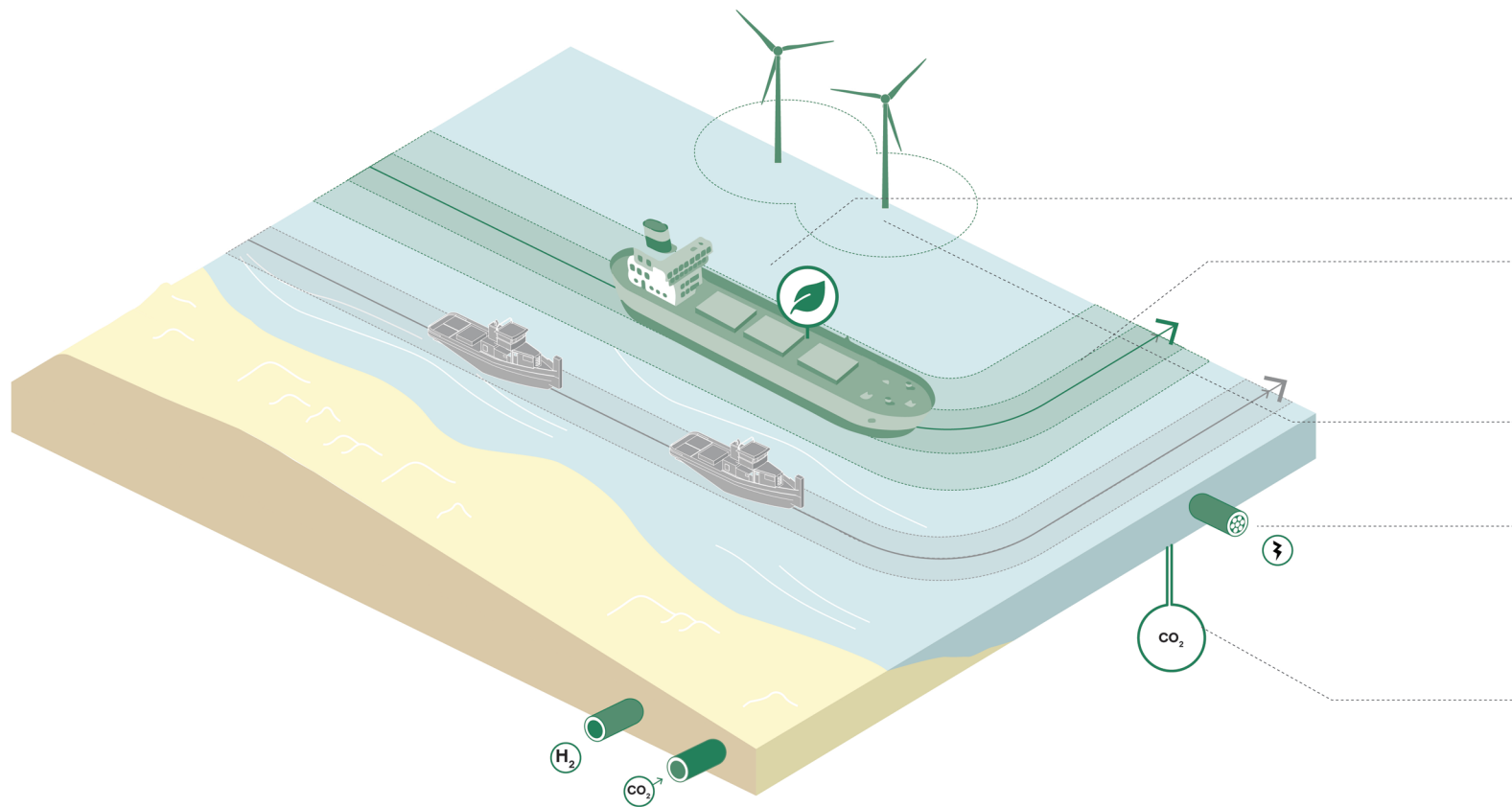


Internationale sturing

Industriële clusters en haven



Internationale sturing Zee en kustzone



-  Groei scheepvaart 1% per jaar
-  Import biomassa bulk carrier
-  Controeren vaarwegen
veranderen ivm bulk carrier
schepen
-  Wind op zee 42 GW
-  Grondinfra
H₂ import
Elektriciteit kabels wind op zee
CO₂ pijplijn voor grootschalige CCS
-  CCS gasvelden offshore
kunnen benut worden, CO₂ van
industriële clusters kust

Overzicht

In het overzicht hiernaast is samengevat voor alle vier de scenario's hoeveel ruimte verhoudingsgewijs gebruikt wordt. De percentages zijn opgesteld ten opzicht van de theoretisch maximale hoeveelheid. Hierbij worden de volgende aannames gedaan:

- Zon op veld gaat uit van agrarische velden
- Bij alle bronnen worden de harde restricties sowieso meegenomen
- De beleidsrestricties of eventuele extra voorwaarden zijn niet meegenomen

In de eerste kolom (op de linker pagina) wordt getoond welk oppervlak voldoet aan de locatie (bijvoorbeeld 58.000 km² noordzee). Niet de gehele noordzee is echter te gebruiken voor wind; er zijn vaarroutes, visserij gebieden etc. Er blijft 18.000 km² gebied over dat in te zetten in voor turbines. De percentages die zijn weergegeven bij scenario's tonen het aandeel dat wordt ingezet van het theoretisch beschikbare areaal. De gebieden waarop harde restricties gelden worden dus uitgesloten. Dit geeft inzicht in de hoeveelheid speelruimte er is binnen het theoretisch benutbare gebied.

Bijvoorbeeld : In Nederland is er 325 m² dakoppervlak benutbaar als we uitgaan van de harde restricties. In het scenario regionale sturing wordt er 215 km² ingezet. Dat staat gelijk aan 66%.



Potentie Nederland

| | type | MW/km ² | km ² beschikbaar * | GW | % | km ² met harde restricties | GW |
|-------------------------------|--|---|-------------------------------|-------|---|--|--------|
| PV op dak | bestaand | 195 | 1.250 | 244 | | 325 | 63 |
| | best + nieuw ** | 195 | 1.487 | 290 | | 387 | 75 |
| PV op facade | bestaand | 15 | 230 | 3,5 | | 57 | 0.9 |
| | best + nieuw ** | 15 | 273 | 4 | | 68 | 1 |
| PV op velden Zuid (agrarisch) | extensief | 60 | 22.500 | 1350 | | 22.500 | 1350 |
| | intensief | 156 | 22.500 | 3510 | | 22.500 | 3510 |
| PV op velden O-W (agrarisch) | extensief | 48 | 22.500 | 1080 | | 22.500 | 1080 |
| | intensief | 125 | 22.500 | 2813 | | 22.500 | 2813 |
| PV op buiten water | extensief | 49 | 4.200 | 206 | | 4.200 | 206 |
| | intensief | 98 | 4.200 | 412 | | 4.200 | 412 |
| PV op binnen water | extensief | 62 | 4.000 | 248 | | 4.000 | 248 |
| | intensief | 138 | 4.000 | 552 | | 4.000 | 552 |
| Wind op zee | extensief | 6 | 58.000 | 464 | | 18.000 | 144 |
| | intensief | 10 | 58.000 | 580 | | 18.000 | 180 |
| Wind op land | extensief | 4 | 37.390 | 166 | | 7.790 | 25 |
| | intensief | 8 | 37.390 | 332 | | 7.790 | 56 |
| Wind op binnen+ buitenwater | extensief | 6 | 7.872 | 49 | | 700 | 4 |
| | intensief | 8 | 7.872 | 66 | | 700 | 6 |
| Geothermie | diep | | | | | km ² nodig voor 5580 boringen 56 km ² | 20.6 |
| Zon-thermisch | | 385 | 22.500 * | 8.663 | | 22.500 | 8.663 |
| H ₂ opslag | Totale hoeveelheid waterstof | 0,03 PJ/tank 0,5 PJ/caverne | | | | | |
| Biomassa | lokaal droog lokaal nat lokaal afval import | 47,5 km ² /PJ - - 0,43 PJ/schip | 22.500 - - | | | 22.500 | 474 PJ |
| CCS | onshore | | 1.000 MT | | | | |
| | offshore | | 1.700 MT | | | | |
| Elektrolyse | | 30 | - | - | | | |

* bron: Klimaat, Energie, Ruimte, 2018

** nieuwbouw op basis van 1,5 miljoen woningen

Regionale sturing

Nationale sturing

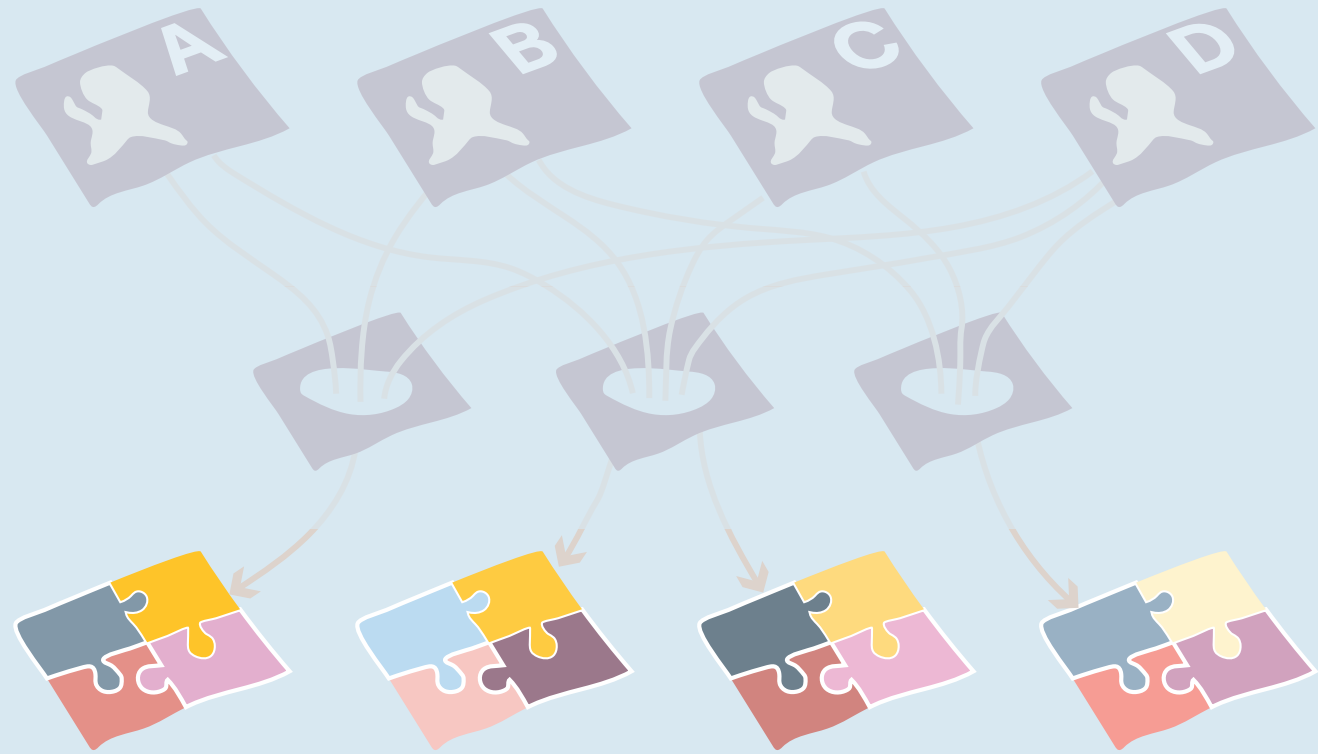
Europese CO₂-sturing

Internationale sturing

| | | GW | km ² | % | GW | km ² | % | GW | km ² | % | GW | km ² | % | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------------|-----------------|---|------|-----------------|--------|----|-----------------|--------------|------------|-----------------|------|--------------|------------|--|-----|
| PV op dak | bestaand | 42 | 215 | | 66 | 35 | 179 | | 55 | 17 | 87 | | 27 | 13 | 67 | | 21 |
| | best + nieuw | 42 | 215 | | 56 | 35 | 179 | | 46 | 17 | 87 | | 22 | 13 | 67 | | 17 |
| PV op facade | bestaand | 42 | 2800 | | 4912 | 35 | 2333 | | 4094 | 17 | 1133 | | 1988 | 13 | 357 | | 627 |
| | best + nieuw | 42 | 2800 | | 4118 | 35 | 2333 | | 3431 | 17 | 1133 | | 1667 | 13 | 357 | | 525 |
| PV op velden Zuid (agrarisch) | extensief | 47 | 783 | | 3 | 41 | 683 | | 3 | 25 | 417 | | 2 | 25 | 417 | | 2 |
| | intensief | 47 | 301 | | 1 | 41 | 263 | | 1 | 25 | 160 | | 1 | 25 | 160 | | 1 |
| PV op velden O-W (agrarisch) | extensief | 47 | 979 | | 4 | 41 | 854 | | 4 | 25 | 521 | | 2 | 25 | 521 | | 2 |
| | intensief | 47 | 376 | | 2 | 41 | 328 | | 1 | 25 | 200 | | 1 | 25 | 200 | | 1 |
| PV op buiten water | extensief | 47 | 959 | | 23 | 41 | 837 | | 20 | 25 | 510 | | 12 | 25 | 510 | | 12 |
| | intensief | 47 | 480 | | 11 | 41 | 418 | | 10 | 25 | 255 | | 6 | 25 | 255 | | 6 |
| PV op binnen water | extensief | 47 | 758 | | 19 | 41 | 661 | | 17 | 25 | 403 | | 10 | 25 | 403 | | 10 |
| | intensief | 47 | 341 | | 9 | 41 | 297 | | 7 | 25 | 181 | | 5 | 25 | 181 | | 5 |
| Wind op zee | extensief | 43 | 7.167 | | 40 | 72 | 12.000 | | 67 | 42 | 7.000 | | 39 | 38 | 6.300 | | 35 |
| | intensief | 43 | 4.300 | | 24 | 72 | 7.200 | | 40 | 42 | 4.200 | | 23 | 38 | 3.800 | | 21 |
| Wind op land | extensief | 20 | 5.000 | | 46 | 20 | 5.000 | | 46 | 10 | 2.500 | | 23 | 10 | 2.500 | | 23 |
| | intensief | 20 | 2.500 | | 23 | 20 | 2.500 | | 23 | 10 | 1.250 | | 11 | 10 | 1.250 | | 11 |
| Wind op binnen+ buitenwater | extensief | 20 | 3.333 | | 476 | 20 | 3.333 | | 476 | 10 | 1.666 | | 238 | 10 | 1.666 | | 238 |
| | intensief | 20 | 2.500 | | 357 | 20 | 2.500 | | 357 | 10 | 1.250 | | 179 | 10 | 1.250 | | 179 |
| Geothermie | diep | 3.3 | 4 | | 16 | 3.3 | 4 | | 16 | 2.2 | 3 | | 11 | 2.2 | 3 | | 11 |
| Zon-thermisch | | 11 | 29 | | 0,1 | 5.2 | 14 | | 0,1 | 4.7 | 12 | | 0,1 | 3.5 | 9 | | 0 |
| H ₂ opslag | Totale hoeveelheid waterstof | 798 PJ | | | | 1.049 PJ | | | | 1.403 PJ | | | | 1.653 PJ | | | |
| Biomassa | lokaal droog | 48 PJ | 2280* | | 10 | 45 PJ | 2138* | | 10 | 50 PJ | 2375* | | 11 | 50 PJ | 2375* | | 11 |
| | lokaal nat | 178 PJ | - | | | 153 PJ | - | | | 200 PJ | - | | | 200 PJ | - | | |
| | lokaal afval | 0 PJ | - | | | 13 PJ | - | | | 0 PJ | - | | | 0 PJ | - | | |
| | import | 0 PJ | - | | | 0 PJ | - | | | 317 PJ | 730 schep. | | | 273 PJ | 656 schep. | | |
| CCS | onshore | 4,6 MT/jaar | | | | 5,5 MT/jaar | | | | 26,5 MT/jaar | | | | 14,8 MT/jaar | | | |
| | offshore | 367 jaar | | | | 312 jaar | | | | 64 jaar | | | | 115 jaar | | | |
| Elektrolyse | | 45 | 15 | | | 45 | 15 | | | 3 | 1 | | | 3 | 1 | | |

* Dit nummer wordt gerepresenteerd in het cirkel diagram als een percentage van lokale potentie.

4 Constateringen



Algemene constatering

Het overzicht van de scenario's heeft meer inzicht gegeven in de elementen die invloed hebben op de ruimte. De constatering zullen per gebiedstype besproken worden, omdat er andere ruimtelijke voorwaarden of knelpunten heersen per gebied. Daarnaast zijn er een aantal constatering die gelden voor alle gebiedstypen en alle scenario's.

- De ruimtelijke check 'of alles past' is voor alle bronnen gedaan. Het schema op pagina 59 toont aan dat theoretisch gezien de aangenomen vermogens in ieder scenario mogelijk zijn. Wel zijn er een aantal elementen die uitgaan van een hoge inzet van de benutbare ruimte:
 - I. In het regionale scenario wordt hoog ingezet op het beschikbare dakoppervlak (66%)
 - II. In het nationale scenario wordt erg hoog ingezet op wind op zee (40%-67%)
 - III. Voor de benodigde oppervlakten voor conversie en opslag zijn geen theoretische maxima bekend. Dit zal bij alle scenario's ruimte innemen.
- De opwek van elektriciteit heeft een grotere impact op de ruimte dan de opwek van warmte.
- Er is in alle scenario's relatief veel ruimte nodig voor opslag, conversie of een combinatie ervan.
- In alle scenario's wordt ingezet op wind op zee; de aanlanding en distributie hiervan vraagt ruimte.
- In alle scenario's zijn er ook huidige functies met ruimteclaims die gaan verdwijnen. Deze gebieden kunnen getransformeerd worden tot of gebruikt worden voor nieuwe ruimtevragers.
- De ondergrondse ruimteclaim neemt toe. Een deel van de ondergrondse infrastructuur zal ook verdwijnen of getransformeerd worden. Vooral in het stedelijk gebied en in het havengebied zal dit wringen.
- Er gaan in alle vier de scenario's veranderingen komen in de huidige leefomgeving. De schaalgrootte van de aanpak verschilt, waardoor de impact op verschillende wijzen landt. Voor elke schaal geldt dat de ruimtelijke beleving niet ophoudt bij het grensgebied.
- Waterstof wordt in alle scenario's geïmporteerd voor bunkers en kerosine. De ruimtelijke impact van opslag hiervan hangt sterk af van de mogelijkheid van opslag van waterstof in gasvelden (mogelijke opslagcapaciteit van bijna 1000 PJ in gasvelden op zee).

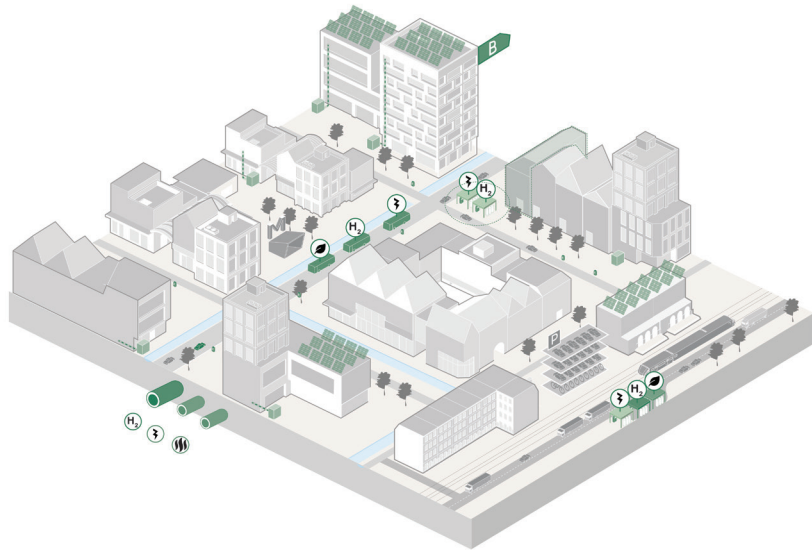
Constateringen

Stedelijk gebied

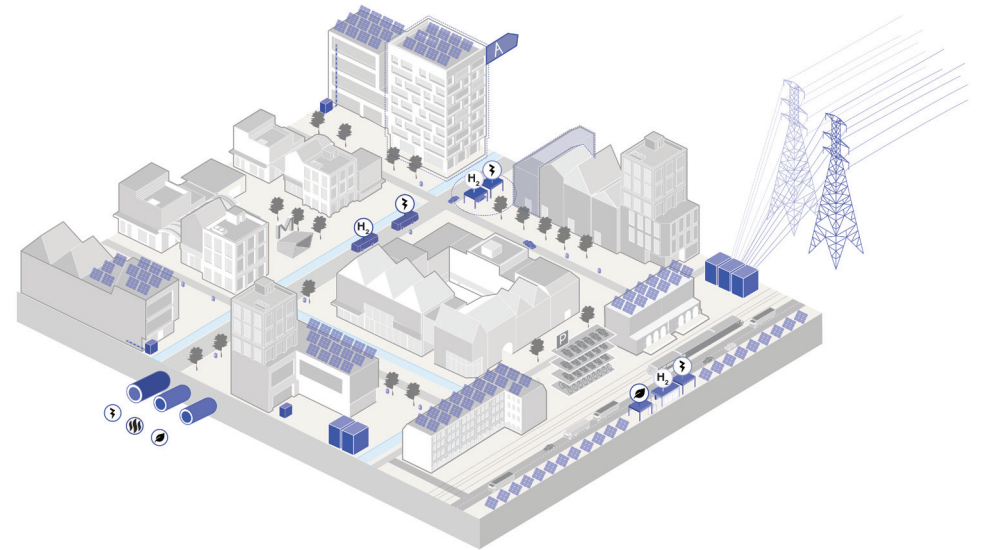
- In het stedelijk gebied zit de grootste ondergrondse ruimtevraag bij nieuwe systemen en de bijbehorende leidingen. Dit kan wringen in de ondergrondse ruimte. Vooral in het scenario Europese CO₂ sturing speelt dit, daar liggen de meeste ondergrondse infrastructuur naast elkaar.
- Meer parallelle brandstofdragers resulteert in een grotere ruimteclaim. Scenario Europese CO₂-sturing en internationale sturing hebben voor personenvervoer respectievelijk 2 tot 3 systemen en voor vrachtverkeer 4 tot 3 systemen naast elkaar, die allen ruimte claimen. De huidige tankstations kunnen getransformeerd worden of mogelijk samengevoegd in een combi-tankstation. Toch vragen parallelle systemen meer ruimte.
- In het regionale scenario wordt al het personenvervoer elektrisch. De vraag naar laadplaatsen stijgt in alle scenario's maar in scenario regionale sturing het meest.
- De link van bepaalde typen auto's die gebonden zijn aan een bepaald type brandstof kan voor een ingewikkelde parkeeropgave zorgen.
- Het scenario regionale sturing heeft de grootste opgave zon op dak, met daaropvolgend scenario nationale sturing. De inzet van ruim 66% van het dakoppervlak in het regionale sturingsscenario kan wringen omdat een groot deel van het geschikte oppervlak ingezet moet worden. Het uiteenlopende eigenaarschap pleit voor een beleidsingreep.
- De uitbreiding van het elektriciteitsnet kan veel ruimte vragen, zowel ondergronds als bovengronds. De transformatorhuisjes moeten een plek krijgen in de stedelijke structuur. Hoe groot de uitbreiding zal zijn wordt verder onderzocht in fase twee van deze studie. Met name in stedelijk gebied kan dit voor alle scenario's wringen.
- In het nationale scenario wordt uitgegaan van een gemiddeld warmtelabel A. De woningvoorraad zal grondig getransformeerd worden, dat gaat ook in het straatbeeld veranderingen met zich mee brengen.
- De grootste veranderingen liggen waarschijnlijk in het nationale scenario, vanwege de isolatie-opgave en de ondergrondse systemen naast elkaar.

LEGENDA

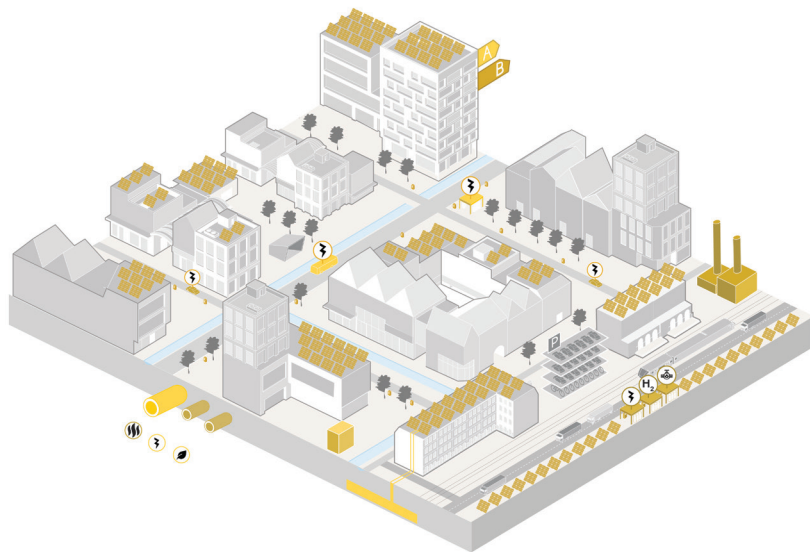
| | |
|---|---------------------------|
|  | Gebouwde omgeving |
|  | Mobiliteit |
|  | Vrachtwagen |
|  | Industrie |
|  | Landbouw |
|  | Elektriciteit |
|  | Zonne energie |
|  | Wind energie |
|  | Biomassa |
|  | Conversie, opslag, import |
|  | Scheepvaart |
|  | Kabels |
|  | Elektrisch |
|  | Waterstof |
|  | Biobrandstoffen |
|  | Warmte |
|  | Groengas |
|  | CO ₂ |



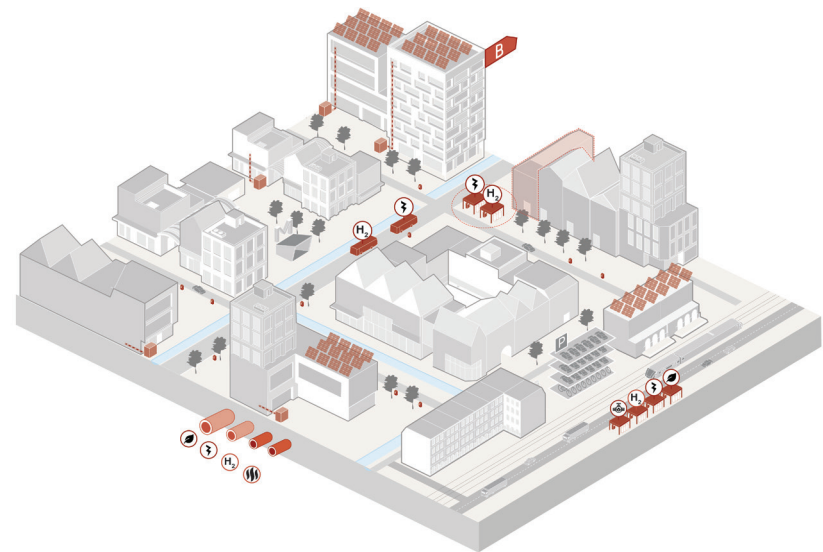
Scenario internationale sturing



Scenario nationale sturing



Scenario regionale sturing



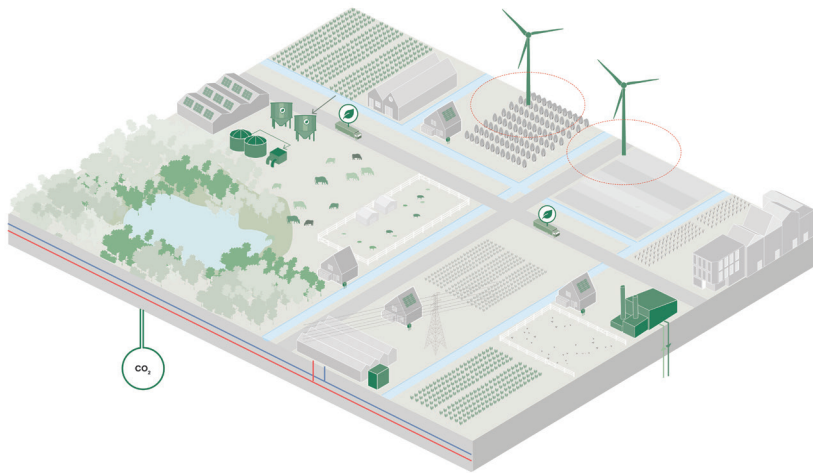
Scenario Europese CO₂-sturing

Constateringen Landelijk gebied

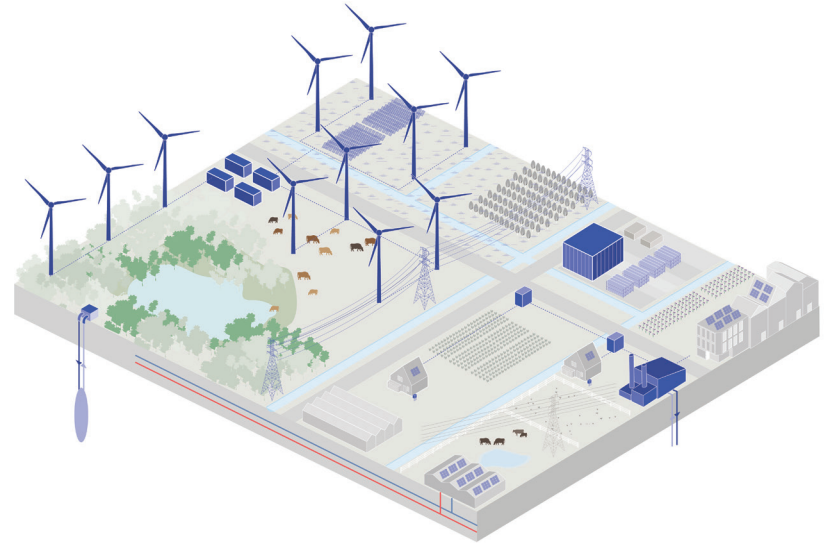
- Het buitengebied wordt ingezet op grootschalige opwek door zon en wind. In het scenario regionale sturing is de ruimteclaim van zon op veld het hoogst. Voor wind op land is de ruimteclaim van het scenario regionale sturing en nationale sturing het grootst.
- De regionale aanpak zal in veel gevallen leiden tot een combinatie met de leefomgeving, zodat de velden meer extensief neergelegd zullen worden. Bovendien kunnen er veel regionale verschillen zijn in de aanpak van opwek.
- In het nationale scenario kunnen landelijke gebieden onderling erg verschillen in hun bijdrage in duurzame energie. Er zullen meer geclusterde projecten met hogere intensiviteit plaatsvinden.
- In het scenario CO₂-sturing en internationaal zal er veel ruimte gebruikt worden voor vergisting van biomassa. Een kanttekening is dat de import van biomassa ook als groengas kan gebeuren, wat de ruimtelijke impact verkleint.
- Scenario regionale sturing en nationale sturing gebruiken meer ruimte voor elektrolyse.
- In het buitengebied zal het hoogspanningsnet in alle scenario's in capaciteit groeien. Uit de vervolgstudie zal blijken hoeveel dat is. De uitbreiding van het hoogspanningsnet kan van invloed zijn op de beschikbare ruimte voor windturbines, vanwege de veiligheidsrestricties.
- Zowel in het regionale als het nationale scenario worden zoutcavernes (waar mogelijk) ingezet voor de tijdelijke opslag van waterstof.
- De grootste veranderingen in het buitengebied liggen in het scenario nationale sturing en regionale sturing, vanwege het hoge vermogen aan duurzame opwek in deze scenario's.

LEGENDA

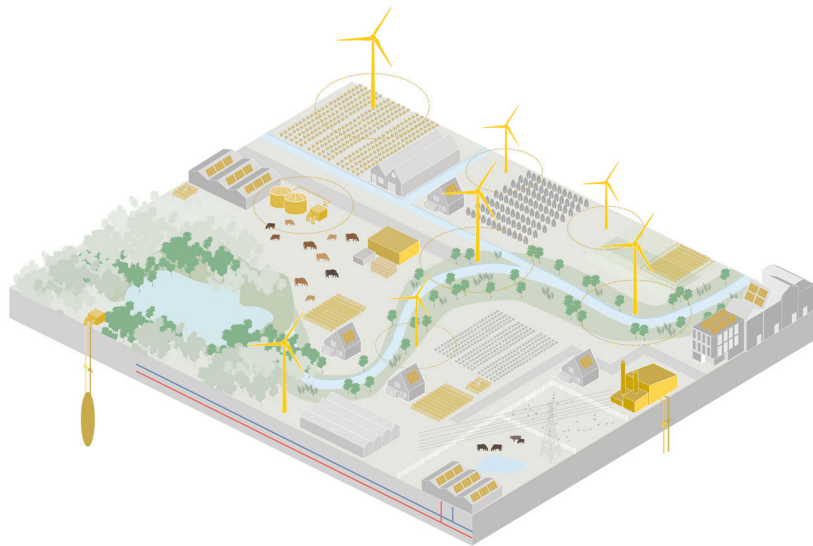
| | |
|---|---------------------------|
|  | Gebouwde omgeving |
|  | Mobiliteit |
|  | Vrachtwagen |
|  | Industrie |
|  | Landbouw |
|  | Elektriciteit |
|  | Zonne energie |
|  | Wind energie |
|  | Biomassa |
|  | Conversie, opslag, import |
|  | Scheepvaart |
|  | Kabels |
|  | Elektrisch |
|  | Waterstof |
|  | Biobrandstoffen |
|  | Warmte |
|  | Groengas |
|  | CO ₂ |



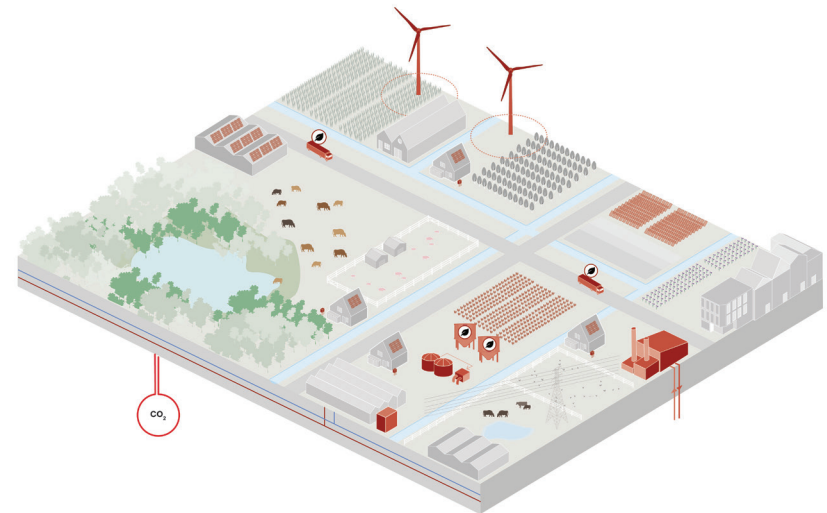
Scenario internationale sturing



Scenario nationale sturing



Scenario regionale sturing



Scenario Europese CO₂-sturing

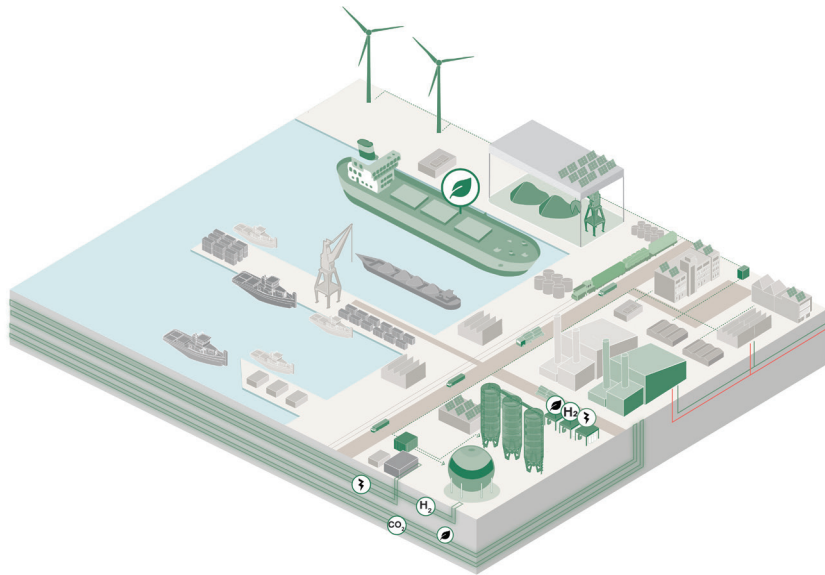
Constateringen

Industrie en haven

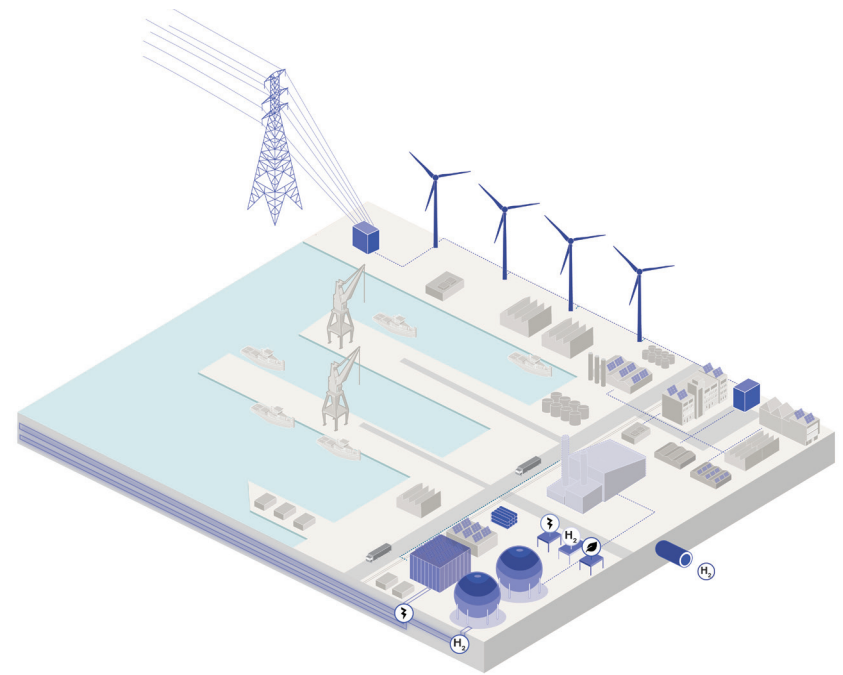
- In de scenario's Europese CO₂ sturing en Internationale sturing zal de haven moeten worden aangepast voor de grote hoeveelheden aan import. De import van waterstof (en opslag ervan), biomassa (en opslag ervan) en elektriciteit vragen ruimte voor aanlandingen.
- Er zal ruimte vrijkomen door functies die verdwijnen, zoals de olieraffinage.
- De hoeveelheid bulk carriers zal in het scenario CO₂-sturing met 730 toenemen. In het nationale scenario zal dit met 656 toenemen. Dit heeft invloed op de infrastructuur in de haven, en ook op de infrastructuur naar en van de haven. Deze ruimteclaim wordt veel lager als de import van biomassa reeds in gasvorm wordt gedaan.
- De nieuwe ondergrondse ruimteclaim van kabels en leidingen neemt in alle scenario's toe.
- In de scenario's Europese CO₂-sturing en internationale sturing zal er in de havengebieden een leiding komen voor de opslag van CO₂ in gasvelden op zee.
- In het havengebied zullen ook tankmogelijkheden moeten zijn voor de verschillende typen vrachtverkeer. In het scenario CO₂-sturing en internationaal wordt uitgegaan van respectievelijk 4 en 3 systemen naast elkaar. Dit heeft zowel bovengronds als ondergronds een ruimteclaim.
- In alle scenario's zal een aanlanding komen van de elektriciteit die opgewekt is door wind op zee.
- In scenario regionale sturing en nationale sturing worden er elektrolyzers ontwikkeld die een ruimteclaim hebben.
- In het internationale scenario wordt de grootste hoeveelheid waterstof geïmporteerd. Deze opslag neemt ruimte in. Dit scenario maakt ook gebruik van CCS, dus de gasvelden worden al benut voor CO₂.

LEGENDA

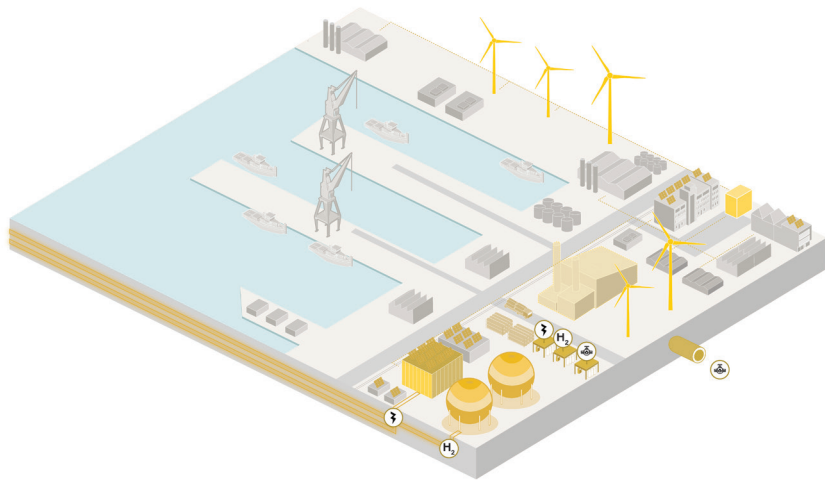
| | |
|---|---------------------------|
|  | Gebouwde omgeving |
|  | Mobiliteit |
|  | Vrachtwagen |
|  | Industrie |
|  | Landbouw |
|  | Elektriciteit |
|  | Zonne energie |
|  | Wind energie |
|  | Biomassa |
|  | Conversie, opslag, import |
|  | Scheepvaart |
|  | Kabels |
|  | Elektrisch |
|  | Waterstof |
|  | Biobrandstoffen |
|  | Warmte |
|  | Groengas |
|  | CO ₂ |



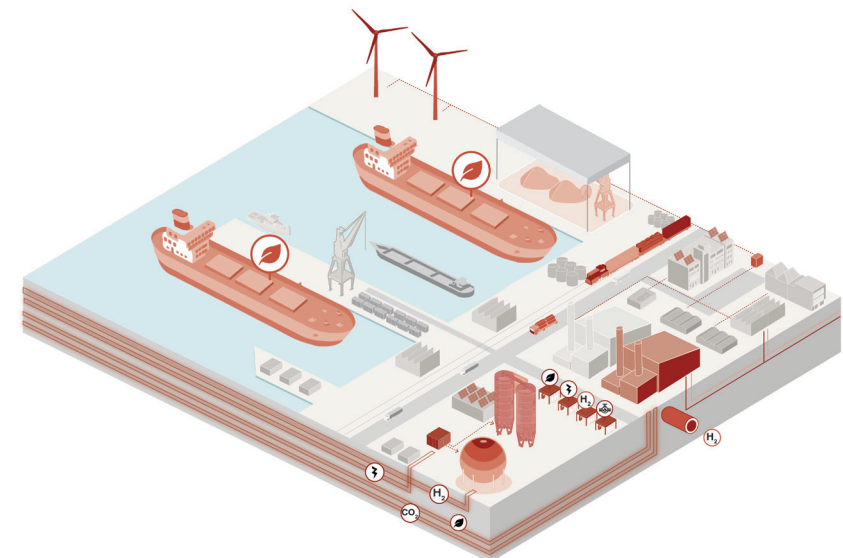
Scenario internationale sturing



Scenario nationale sturing



Scenario regionale sturing



Scenario Europese CO₂-sturing

Constateringen Industrie en haven

Specificaties voor de industriële clusters

Voor zes industriële clusters is gekeken naar de huidige stand van zaken en de plannen voor de toekomst omtrent waterstof, CCS, het elektriciteitsnet en restwarmte.

Algemeen

De lange termijn planning heeft invloed op de volgorde van de ontwikkeling van de structuren en netwerken die noodzakelijk zijn.

Waterstofnetwerk

In Noord-NL en NZKG wordt lokale waterstofproductie voor 2030 verwacht. Aansluiting op landelijk backbone is mogelijk per 2026 en wenselijk.

In cluster Rotterdam-Moerdijk is lokale infrastructuur voorzien (het H-vision project is hier leidend); aansluiting op een landelijk backbone is wenselijk.

In Zeeland vereist het Steel2Chemicals project een additionele bron aan waterstof. Dit kan ook grensoverschrijdend naar Nederland zijn. Aansluiting op een backbone voor 2030 is essentieel.

In Chemelot is de aansluiting op een landelijk backbone één van de opties, naast de mogelijkheid van lokale productie van waterstof. Na 2030 is er vanuit de industrie een expliciete wens om clusters te verbinden om verder te kunnen opschalen, hiervoor

is een H₂-backbone essentieel. Daarnaast biedt een dergelijke schaal de infrastructuur de mogelijkheid om H₂ te importeren- en exporteren en om de opschaling van H₂ productie verder te faciliteren.

CO₂- structuur

Aanleg van CO₂ infrastructuur in aanvulling op PORTHOS (Rotterdam) en ATHOS (IJmuiden) is voorwaardenscheppend voor CCS in andere clusters en in potentie ook internationaal (middels verbindingen met het Ruhrgebied en Vlaamse industrie clusters).

Elektriciteitsinfrastructuur

Noord-NL: toename vraag van 18 PJ naar 70 PJ; knelpunten in transportcapaciteit in LS, MS en HS-netwerk.

Noordzeekanaalgebied: reeds groot deel van 150kV overbelast. 14 PJ aan groei vraag. En nog 32 PJ extra voor datacentra.

Rotterdam-Moerdijk: Elektriciteitsvraag neemt toe tot 190 PJ. Wel bezig met elektrificatie, P2H via warmtepompen en elektromotoren.

Chemelot: 150 MW toename in Elektriciteitsvraag. Grootschalige elektrolyse in plannen. Uitbreiding van 380kV is noodzakelijk.

Zeeland: Elektriciteitsvraag neemt toe tot 190 PJ. Plannen voor 100 MW elektrolyser. Uitbreiding HS-netwerk is noodzakelijk.

Restwarmte mogelijkheden

De potentie op gebied van restwarmtebenutting in de industrie is fors en zou de komende jaren tot 2030 op de agenda moeten staan. De maatschappelijke wenselijkheid hiervan dient te worden besproken. Bij diverse clusters worden technische belemmeringen gerapporteerd voor de aankoppeling van regionale warmtenetten. Opgemerkt moet worden dat het slagen hiervan geen knelpunt is voor de plannen aan industriële zijde, maar vooral een opportuniteit vormt voor de verduurzaming in de decentrale omgeving.

De restwarmte kan gebruikt worden in huishoudens die in de buurt van de cluster liggen. De aantallen personen dat woont binnen 20 km rondom de clusters staat hieronder:

- Noord-Nederland: 365.000 mensen binnen 20 km afstand
- Noordzeekanaalgebied: 2.500.000 mensen binnen 20 km afstand
- Rotterdam-Moerdijk: 2.400.000 mensen binnen 20 km Rotterdam, 500.000 mensen binnen 20 km Moerdijk
- Chemelot: 600.000 mensen binnen 20 km afstand
- Zeeland: 150.000 mensen binnen 20 km afstand

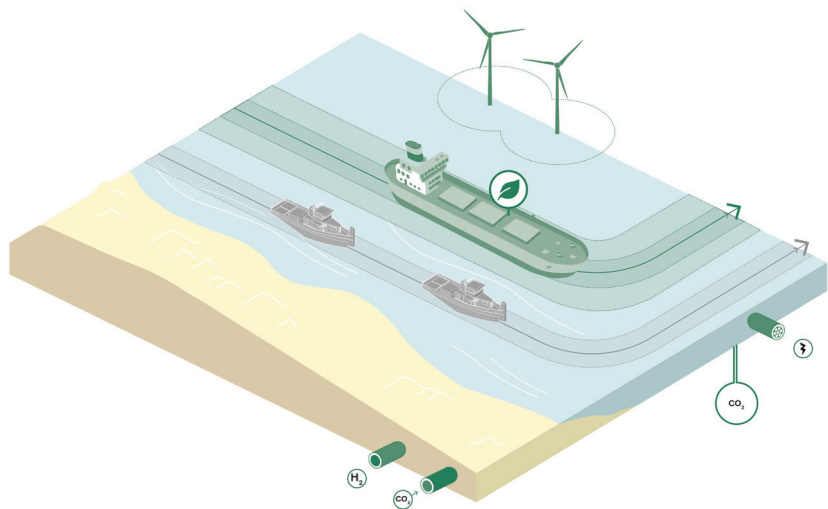
Constateringen

Zee en kust

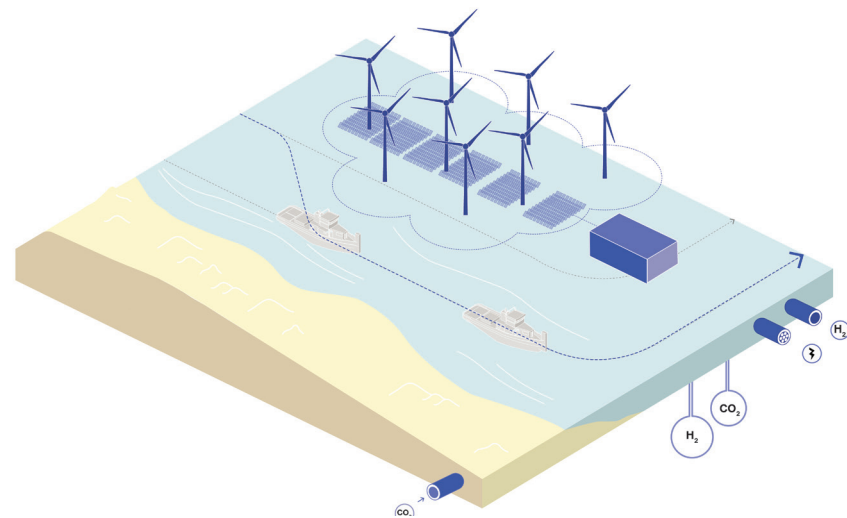
- Het nationale scenario gaat uit van de grootste hoeveelheid windparken op zee, daarna volgt het regionale scenario. Dit vraagt kabels naar land, de grootte ervan wordt in de vervolgstudie onderzocht.
- Het regionale scenario en het nationale scenario hebben beide een hoeveelheid aan windturbines op zee, die ingezet kunnen worden om de elektriciteit op zee converteren naar waterstof. De waterstof wordt opgeslagen in de ondergrondse gasvelden. Hiervoor zullen installaties op zee nodig zijn.
- De gasvelden op zee kunnen ofwel voor CO₂ gebruikt worden ofwel voor waterstof.
- In de scenario's Europese CO₂-sturing en internationaal zullen de vaarroutes uitgebreid worden, vanwege de toename aan import.
- In het scenario Europese CO₂-sturing en internationaal zullen er installaties komen om CCS te hanteren.
- Het scenario internationale sturing gaat uit van veel import van waterstof. Dit kan ook in de vorm van ammoniak gebeuren. Dit vergt een ander soort opslag, namelijk in silos.

LEGENDA

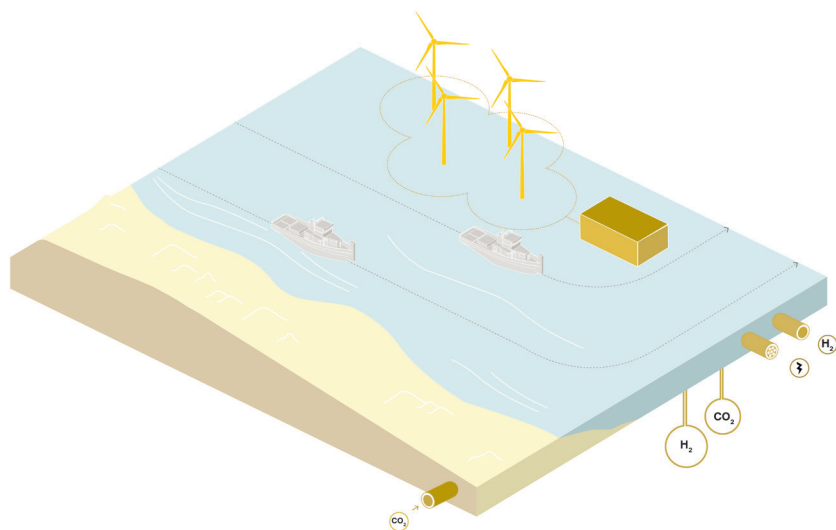
| | |
|---|---------------------------|
|  | Gebouwde omgeving |
|  | Mobiliteit |
|  | Vrachtwagen |
|  | Industrie |
|  | Landbouw |
|  | Elektriciteit |
|  | Zonne energie |
|  | Wind energie |
|  | Biomassa |
|  | Conversie, opslag, import |
|  | Scheepvaart |
|  | Kabels |
|  | Elektrisch |
|  | Waterstof |
|  | Biobrandstoffen |
|  | Warmte |
|  | Groengas |
|  | CO ₂ |



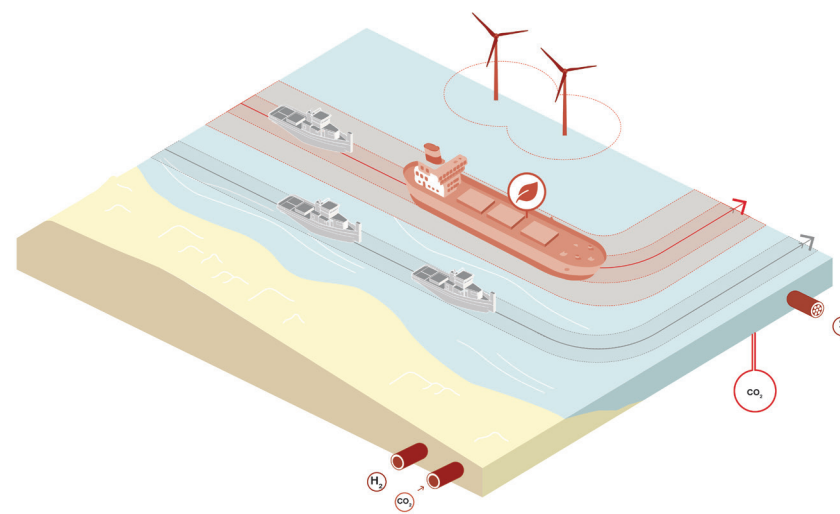
Scenario internationale sturing



Scenario nationale sturing



Scenario regionale sturing



Scenario Europese CO₂-sturing

Constatering per scenario

Regionale sturing:

In het regionale scenario zal er veel veranderen in de ruimte. Door de grote hoeveelheid van opwek van wind en zon zal er vooral in het landelijk gebied veel veranderen. De regionale aanpak heeft als grootste voordeel dat er een link gemaakt kan worden met andere opgaven die lokaal spelen. De koppeling met lokale opgaven kan daardoor zowel in ruimte als in tijd goed gemaakt worden. Een nadeel kan zijn dat door de regionale aanpak de veranderingen in de leefomgeving lokaal erg verschillen. Zo kan de leefomgeving over de grens van een regio er heel anders uit gaan zien. De krimp van de industrie zorgt ervoor dat in het havengebied en bij de industriële clusters ruimte vrijkomt. Deze kan slim worden ingezet bij de extra ruimtevraag voor opwek en opslag van energie. In de stedelijke leefomgeving verandert vooral de mobiliteit. Doordat vervoer volledig geëlektrificeerd wordt kan er efficiënte laadinfrastructuur ontwikkeld worden.

Nationale sturing:

Er zal veel veranderen in de ruimte bij dit scenario. Er wordt net als bij het regionale sturingsscenario veel ingezet van opwek van energie door zon en wind (op land en zee). Een verschil met de regionale sturing is

dat de aanpak nationaal wordt aangestuurd. Hierdoor zal er meer eenheid zitten in de aanpak van de koppeling van ruimte en energie. Dat betekent ook dat er grotere clusters van opwek in sommige gebieden staan en sterk zullen veranderen, terwijl andere gebieden nauwelijks veranderen. In dit scenario wordt de opwek gekoppeld aan nationale opgaven. In het stedelijke gebied verandert er veel doordat de gebouwde omgeving sterk wordt geïsoleerd. Dit zal op het straatbeeld effect hebben. Dit kan ook een kans zijn om de woonkwaliteit te verbeteren. Op zee heeft dit scenario een grote impact door de grote hoeveelheid wind (eventueel in combinatie met zon).

Europese CO₂-sturing:

In vergelijking met de voorgaande twee scenario's is er veel impact in het havengebied en het industriële gebied. De industrie groeit door en zal ook ruimte gebruiken. Tegelijkertijd wordt er ingezet op een grote hoeveelheid import van biomassa of biogas. Als de vergassing/vergisting in Nederland gebeurt vraagt dit zowel ruimte voor de opslag als voor het proces. Deze impact is een stuk kleiner wanneer de import reeds als gas wordt gedaan. De ruimtelijke impact in het stedelijk gebied ligt voornamelijk in de ondergrond. De verscheidenheid aan warmtesystemen vraagt ruimte voor kabels en leidingen.

In het landelijke gebied is er minder ruimtelijke impact.

Internationale sturing:

Er is veel impact in het havengebied. De industrie groeit door en zal ook extra ruimte gebruiken. Tegelijkertijd wordt er ingezet op een grote hoeveelheid import van biomassa of biogas en waterstof. Door de groei van industrie is er veel energie nodig voor bunkers en kerosine. Een groot deel van de geïmporteerde waterstof wordt hiervoor gebruikt. De waterstof wordt ook ingezet in de industrie, bij het verwarmen van de gebouwde omgeving en voor mobiliteit. De ruimtelijke impact in het stedelijk gebied ligt voornamelijk in de ondergrond en bij de mobiliteit. Door de verscheidenheid aan systemen naast elkaar is de ruimteclaim groter.

Colofon

Deze studie is uitgevoerd door Generation.Energy en PosadMaxwan in gezamenlijke opdracht van het EZK.

Generation.Energy:
Taco Kuijers, Jet ten Voorde

PosadMaxwan:
Elbert Arens, Francesca Becchi, Eva Verberne

EZK:
Lennert Goemans, Jasper Groos, Martien
Plaatsman

Generation.Energy
Binckhorstlaan 36 – Unit C3 24
2516 BE Den Haag
T: +31 70 2197240
E: info@generation.energy

PosadMaxwan
Binckhorstlaan 36
2516 BE Den Haag
tel: 070 322 2869
E: mail@posadmaxwan.nl

maart 2020



POSAD MAXWAN
strategy x design

