

EUROPESE TALENTEN VAN DE PLEK



ATLAS

PosadMaxwan

GENERATION
.ENERGY

europese talenten van de plek

atlas van energie-intensieve
industrieën en infrastructuren

Dit onderzoek is uitgevoerd door PosadMaxwan en Generation Energy in opdracht van het College van Rijksbouwmeester en Rijksadviseurs.

**College van Rijksbouwmeester en
Rijksadviseurs:**

Thijs van Spaandonk, Marieke Francke,
Thomas Galesloot, Mike Emmerik, Corné
Strootman

Posad Maxwan and Generation.Energy:

Ganesh Babu, Akhilesh Shisodia, Auguste
Crouzet, Stef Bogaerds

PosadMaxwan
Binckhorstlaan 36
2516 BE Den Haag
tel: 070 322 2869

april 2026



inhoud

01. Inleiding

6

02. Atlas

10

Basis

14

Energie

26

Logistiek

52

Grondstoffen

64

Industrie

76

Actiegroep "Stop Kindermoord" fietst naar
woning van Derk Jyl (Buitenveldert), fietsers
voorafgegaan door straatcarillon, door:
Verhoeff, Bert / Anefo, Nationaal Archief /
Fotocollectie Anefo, 1927-1251

INLEIDING

Inleiding

De Europese energie-intensieve industrie staat voor een ingrijpende transformatie. De overgang naar een klimaatneutrale en circulaire economie raakt de fundamenteën van de basisindustrie: staal, chemie, cement, raffinaderijen en non-ferrometalen.

In 2025 liet het College van Rijksbouwmeester en Rijksadviseurs ontwerpend onderzoek uitvoeren naar drie Nederlandse energie-intensieve clusters: staal in het Noordzeekanaalgebied, petrochemie in de Rotterdamse haven en de glastuinbouw. Die studies brachten in beeld hoe de ruimtelijke werking van elk cluster samenhangt met de transitie, en hoe ruimtelijke keuzes invloed hebben op het tempo en de richting van verduurzaming. De inzichten zijn gebundeld in de publicatie **Nu werken aan de talenten van de plek.**

Eén conclusie drong zich daarbij steeds op: de Nederlandse industrie opereert niet op een eiland. Staalfabrieken betrekken erts uit Brazilië en Zweden, raffinaderijen verwerken olie uit het Midden-Oosten en West-Afrika, en de chemische industrie levert halffabricaten aan ketens die heel Europa bestrijken. De verduurzaming van deze sectoren kan daarom niet los worden gezien van de Europese context waarin ze functioneren.

Het juiste schaalniveau

Deze atlas verkent wat er gebeurt wanneer we het schaalniveau vergroten. Wat wordt zichtbaar als we de ruimtelijke organisatie van de energie-intensieve industrie op Europese schaal in kaart brengen? Welke ‘talenten van de plek’ dienen zich aan en waar? Welke plekken beschikken over

de vestigingsvoorwaarden voor een klimaatneutrale, circulaire industrie? En tot welke verschuivingen kan een dergelijke ruimtelijke logica leiden?

De focus ligt primair op de Europese Unie, om meerdere redenen. De EU biedt de schaal die nodig is om grondstofkringlopen daadwerkelijk te sluiten. Ze vormt het politieke kader waarbinnen afspraken worden gemaakt over klimaatdoelen, industriebeleid en handelsrelaties. En vanuit het streven naar strategische autonomie in een tijd van geopolitieke verschuivingen is de Unie het meest logische vertrekpunt om na te denken over de basisindustrie van de toekomst.

Vier netwerken, één ruimtelijk systeem

De atlas brengt vier grote infrastructurele netwerken in beeld:

1. Energie
2. Logistiek
3. Grondstoffen en
4. Industrie.

Het energienetwerk laat zien waar Europa zijn energie vandaan haalt en hoe die wordt getransporteerd. Van olie- en gaspijpleidingen tot het elektriciteitsnet, van kerncentrales tot windparken op zee. Het logistieke netwerk toont de havens, vaarwegen, wegen, spoorlijnen en pijpleidingen die grondstoffen en producten verplaatsen. Het grondstoffennetwerk brengt de Europese mijnbouw, het potentieel aan kritieke materialen en de afvalverwerking in kaart. En het industrienetwerk toont waar de grote verwerkende sectoren zich bevinden.

Elk deel opent met een inleidende tekst die het netwerk als geheel duidt, gevolgd door een reeks kaartbladen die elk een specifiek aspect belichten. De kaarten tonen steeds de huidige situatie — wat zit waar? — en vormen samen de basis voor een ruimtelijk gesprek over wat er zou kunnen en moeten veranderen.

Door deze netwerken over elkaar heen te leggen, wordt zichtbaar waarom bepaalde industriële clusters zich op bepaalde plekken bevinden. Havens, energieaanvoer, grondstoftoegang en transportcorridors komen samen op een beperkt aantal plekken in Europa. Het zijn deze knooppunten die bepalend zijn voor de transitie en die tegelijk het meest kwetsbaar zijn voor de onzekerheden die met die transitie gepaard gaan.



ATLAS

Atlas

Deze atlas brengt de ruimtelijke organisatie van de Europese energie-intensieve industrie in beeld. Het is een eerste inventarisatie van een systematisch overzicht van wat waar zit. De kaarten tonen de huidige situatie en vormen het vertrekpunt voor de analyses en scenario's die in vervolgfases van dit onderzoek worden ontwikkeld.

De atlas is opgebouwd rond vier thematische netwerken, voorafgegaan door een basislaag die het fysieke en politieke speelveld schetst. Elk netwerk wordt belicht vanuit meerdere invalshoeken, resulterend in een reeks kaartbladen die samen het systeem beschrijven.

De basis toont het Europese landschap. Het reliëf en de rivieren die de natuurlijke condities scheppen, de politieke grenzen die het beleidskader vormen, het landgebruik dat de beschikbare ruimte definieert, de stedelijke agglomeraties die als zwaartepunten fungeren, en de klimaatrisico's die het speelveld veranderen.

Het energienetwerk brengt het volledige Europese energiesysteem in kaart. Van de fossiele bronnen (steenkool, olie, gas) en hun transportinfrastructuur, via het elektriciteitsnet en de hernieuwbare bronnen (waterkracht, kernenergie, wind, zon, biomassa, geothermie), tot de opkomende systemen van waterstof en CO₂-afvang en -opslag (CCU/S).

Het logistieke netwerk toont de havens, vaarwegen, wegen, spoorlijnen en pijpleidingen die de aan- en afvoer van grondstoffen en producten mogelijk maken.

Het grondstoffennetwerk brengt de mijnbouw, het potentieel aan kritieke grondstoffen, de stortplaatsen en de afvalverwerkingscapaciteit in beeld.

Het industrienetwerk toont de locaties van de vier grote energie-intensieve sectoren: chemie, ijzer en staal, non-ferrometalen, en cement.

Data en bronnen

De kaarten zijn gebaseerd op Europees beschikbare, publiek toegankelijke datasets. Het startpunt zijn EU-bronnen, aangevuld met mondiale databases voor landen buiten de Unie die wel binnen het Europese kaartbeeld vallen. De belangrijkste bronnen zijn:

Voor energie: Global Energy Monitor (GEM, 2025) voor extractie- en productielocaties van fossiele bronnen, hernieuwbare opwekking en waterstofproductie; Gas Infrastructure Europe (2025) voor pijpleidingen en LNG-terminals; ENTSO-E voor het Europese elektriciteitsnet en hoogspanningsverbindingen; het International Energy Agency (IEA, 2025) voor waterstofproductiedata; Global Solar Atlas (2024) voor het potentieel aan zonne-energie; GeoDH (2015) voor geothermisch potentieel; North Sea Energy (NSE, 2025) voor CCU/S-infrastructuur en waterstofopslag; Petrodata en GEM voor olievelden en gaswinningslocaties.

Voor logistiek: het TEN-T-netwerk (2024) voor aangewezen kern- en uitgebreide netwerken van wegen, spoor en vaarwegen; Eurostat (2024) voor haventonnages; Natural Earth (2024) voor het onderliggende

wegennetwerk; H₂ Infra map (2025) voor waterstofleidingen.

Voor grondstoffen: ICM (2025) voor mijnbouwlocaties; EGDI (2024) voor kritieke grondstofvoorraden; het EU Emissions Trading System (EU ETS, 2023) voor stortplaatsen en afvalverwerking.

Voor industrie: EU ETS (2023) voor emissiegegevens en locaties van chemische fabrieken, cementfabrieken en afvalverwerkers; GEM (2025) voor staal-, cement- en non-ferrometaalproductie.

Door consequent dezelfde databronnen en schaal te gebruiken, worden de netwerken onderling vergelijkbaar. Het samenleggen van de lagen maakt verbanden zichtbaar die bij afzonderlijke beschouwing onzichtbaar blijven.

Scope en beperkingen

Het kaartbeeld bestrijkt het Europese continent, met de nadruk op de EU-27. Landen als Noorwegen, het Verenigd Koninkrijk, Zwitserland en de westelijke Balkan zijn opgenomen waar relevante data beschikbaar is, omdat hun energie- en industriesystemen verweven zijn met het Europese geheel. De atlas is niet volledig. Niet voor alle landen en sectoren zijn dezelfde gegevens beschikbaar, en de kwaliteit ervan is ook niet overal gelijk. De kaarten geven patronen en concentraties weer, geen exacte metingen.

BASIS

ENERGIE

LOGISTIEK

GRONDSTOFFEN

INDUSTRIE

Basis

Terrein

De fysieke geografie van Europa legt de diepste laag onder de ruimtelijke organisatie van industrie en infrastructuur. Het continent wordt gekenmerkt door een scherp contrast tussen een uitgestrekte laagvlakte in het noorden en een reeks gebergten in het zuiden en oosten.

De Noord-Europese laagvlakte strekt zich uit van het noorden van Frankrijk via de Lage Landen en Noord-Duitsland tot in Polen en de Baltische staten. Dit is het gebied waar de grote rivierbekkens liggen: Rijn, Maas, Schelde, Elbe, Oder en Weichsel. Deze rivieren vormen niet alleen de belangrijkste binnenvaartroutes, maar leveren ook koelwater voor industriële processen en drinkwater voor de steden die erlangs zijn gegroeid.

In het zuiden en oosten begrenzen de Pyreneeën, Alpen, Karpaten en Dinarische Alpen de vlakte. Deze bergketens vormen fysieke barrières voor transport, maar bieden tegelijkertijd essentiële condities: waterkracht, minerale grondstoffen en koelere temperaturen. De Scandinavische bergen in het noordwesten vervullen een vergelijkbare dubbele rol.

De Europese kustlijn is buitengewoon lang en gevarieerd. De Noordzeekusten zijn vlak en bieden ruimte voor grootschalige haveninfrastructuur. De Middellandse Zeekusten zijn veelal

steil en beperkter toegankelijk voor bulktransport. De Atlantische kust combineert beschutte estuaria met open oceaانبlootstelling.

Het is geen toeval dat de grootste concentraties van energie-intensieve industrie zich bevinden waar vlak terrein, bevaarbare rivieren en kustligging samenkomen. De corridor van Le Havre via de Rijn-Scheldedelta tot Hamburg en Gdańsk herbergt het overgrote deel van Europa's industriële zwaartepunt.

LEGENDA

Waterwegen:

— Regionale en grote rivieren (o.b.v Strahler Stream Order) (HydroATLAS, 2024)



Basis

Grenzen

De politieke kaart van Europa is een van de meest complexe ter wereld. De Europese Unie bestaat uit 27 lidstaten die samen een interne markt vormen waarbinnen goederen, diensten, kapitaal en personen zich vrij kunnen verplaatsen. Deze interne markt vormt de ruggengraat van het Europese industriële systeem, waarin de stromen van grondstoffen, de energiehandel en de toeleveringsketens als één geheel functioneren, ook al verschillen de nationale regelgeving en beleidsprioriteiten vaak van elkaar.

Rondom de EU liggen landen die via verschillende verdragen met elkaar verbonden zijn: de de EEA/EFTA-landen (Noorwegen, IJsland, Liechtenstein en Zwitserland, dat via bilaterale akkoorden met de EU verbonden is), de kandidaat-lidstaten in de Westelijke Balkan en het Verenigd Koninkrijk, dat sinds de brexit een aparte positie inneemt. Elk van deze relaties brengt zijn eigen regels met zich mee op het gebied van handel, regelgeving en industriële samenwerking.

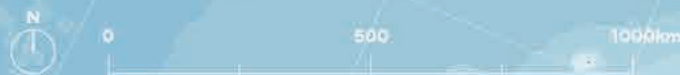
Voor energie-intensieve industrieën is de EU-grens van direct belang. Binnen de Unie zijn er gezamenlijke klimaatdoelstellingen (55% emissiereductie tegen 2030, klimaatneutraliteit tegen 2050), een gemeenschappelijk emissiehandelssysteem (EU-ETS) en het mechanisme voor koolstofgrensaanpassing (CBAM), dat de concurrentiepositie van Europese producenten beschermt tegen import uit landen met minder streng klimaatbeleid. De Green Deal, de Clean Industrial Deal en de wet inzake kritieke grondstoffen vormen

samen een ambitieus kader voor industriële transformatie. Buiten de EU gelden andere spelregels. Noorwegen is een onmisbare energieleverancier (olie, gas, waterkracht) die via de EEA nauw verbonden is maar eigen klimaatbeleid voert. De westelijke Balkanlanden herbergen aanzienlijke mijnbouwcapaciteit en goedkope arbeid, maar kampen met zwakkere instituties en infrastructuur. Turkije is een van Europa's grootste producenten van staal en cement, maar opereert buiten het EU-klimaatregime.

LEGENDA

Grenzen:

- EU-27
- EEA
- EFTA
- Overige landen



Basis

Landgebruik

De manier waarop Europa zijn grond gebruikt bepaalt in belangrijke mate welke ruimte er beschikbaar is voor industrie, infrastructuur en de energietransitie. De landgebruikskaart toont een continent dat intensief is ingericht: landbouw domineert de vlakke gebieden, bossen bedekken de hogere gronden en het noorden, en stedelijke gebieden breidden zich de afgelopen decennia gestaag uit.

Voor de energie-intensieve industrie is deze kaart op meerdere manieren relevant. Industrierterreinen vragen grote oppervlakten en zijn gebonden aan vergunningen en bestemmingsplannen die per land en regio sterk verschillen. De uitbreiding van hernieuwbare energie, met name wind- en zonneparken, concurreert met landbouw en natuur om ruimte. En de aanleg van nieuwe infrastructuur, zoals waterstofleidingen of CO₂-transportroutes, moet worden ingepast in een landschap dat al intensief wordt gebruikt.

Opvallend is het verschil tussen West- en Oost-Europa. In het westen is de ruimtelijke druk hoog en de beschikbaarheid van onbebouwde grond beperkt. In Oost-Europa is er meer ruimte, maar ontbreekt vaak de infrastructuur die nodig is om die ruimte productief te maken voor industriële doeleinden.

LEGENDA

Landgebruik (CORINE Land Cover, 2018):

- Urban fabric
- Industrial, commercial and transport units
- Mine, dump and construction sites
- Artificial, non-agricultural vegetated areas
- Arable land
- Permanent crops
- Pastures
- Heterogeneous agricultural areas
- Forests
- Scrub and/or herbaceous vegetation associations
- Open spaces with little or no vegetation
- Inland wetlands
- Maritime wetlands
- Inland waters
- Marine waters
- Unclassified water bodies



Basis

Stedelijke agglomeraties

Europa is een van de meest verstedelijkte continenten ter wereld. De kaart toont de stedelijke agglomeraties en hun omvang. De grootste concentratie van steden bevindt zich in de zone die loopt van Zuidoost-Engeland via de Lage Landen en het Rijnland naar Noord-Italië, de zogenoemde 'blauwe banaan'. Daaromheen liggen kleinere maar belangrijke stedelijke netwerken: rond Parijs, in het Iberisch binnenland, langs de Middellandse Zeekust, in Scandinavië en in het voormalige Oost-Europese industriegebied.

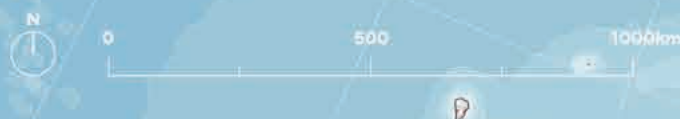
Steden zijn in meerdere opzichten relevant voor de energie-intensieve industrie. Ze vormen de belangrijkste afzetmarkten voor bouwmaterialen (cement, staal) en consumentenproducten. Ze genereren de afvalstromen die in een circulaire economie als grondstof dienen. Ze bieden de arbeidsmarkten waarop de industrie een beroep doet. En ze zijn de plekken waar de maatschappelijke spanningen rond zware industrie, emissies, overlast en gezondheidsrisico's het scherpst worden gevoeld.

De nabijheid van grote steden is voor sommige industrieën een vestigingsfactor (cement, afvalverwerking), terwijl andere juist afstand zoeken vanwege overlast en ruimtebeslag (staal, chemie).

LEGENDA

Stedelijke gebieden:
■ Stedelijke agglomeraties

Waterwegen:
Regionale en grote rivieren (o.b.v. Strahler Stream Order) (HydroATLAS, 2024)



Basis

Klimaat

De klimaatkaart toont Europa ingedeeld in acht regionale typen, elk met een eigen combinatie van fysieke kenmerken, klimaatrisico's, kwetsbaarheden en aanpassingscapaciteit.

De noordwestkusten en laaglandgebieden, waar het zwaartepunt van de Europese basisindustrie ligt, hebben te maken met een uitzonderlijk hoge blootstelling aan kust- en rivieroverstromingen en zware neerslag. De Rijn-Scheldedelta, het Noord-Duitse kustgebied en de Britse oostkust combineren een enorme concentratie van industriële activiteit met een kwetsbaarheid die door zeespiegelstijging en intensievere neerslag toeneemt. De aanpassingscapaciteit in deze gebieden is relatief hoog dankzij sterke instituties, welvaart en dichte infrastructuur, maar de kosten van bescherming stijgen.

De noordelijke landen (Scandinavië, Baltische staten) kennen andere risico's: kustoverstromingen, extreme neerslag en lage temperaturen. Tegelijkertijd beschikken ze over een hoge aanpassingscapaciteit, veel kritieke infrastructuur en hoge innovatieniveaus. Voor de industrie zijn deze regio's interessant vanwege hun overvloed aan hernieuwbare energie, maar de dunne bevolking en beperkte stedelijke schaal stellen grenzen aan de arbeidsmarkt.

De zuidelijke landen rond de Middellandse Zee staan voor andere uitdagingen: hoge temperaturen, droogte, bosbranden, aardverschuivingen en kust risico's. De aanpassingscapaciteit is hier relatief laag want het BBP per hoofd ligt onder het Europees gemiddelde, de infrastructuur is minder dicht en de innovatieniveaus zijn lager. Voor energie-intensieve industrie zijn stijgende temperaturen problematisch vanwege toenemend koelwatergebrek en hogere energievraag voor koeling. Juist in deze regio's is het potentieel voor zonne-energie groot, maar dat gaat gepaard met een hoge fysieke kwetsbaarheid.

Deze kaart laat een fundamentele spanning zien: de plekken waar industrie historisch is geconcentreerd, zijn ook het meest kwetsbaar voor klimaatrisico's. Met name de laaggelegen kustgebieden en rivierbekkens van Noordwest-Europa staan onder druk. De transitie naar schone industrie is daarmee ook een opgave van klimaatadaptatie. De vraag is niet alleen hoe industrie verduurzaamt, maar ook waar ze in de toekomst nog kan functioneren.

LEGENDA

- Klimaatrisicotypologie (EEA Climate Risk Typology, 2024):**
- Noordwestelijke kusten (Kustzones met gemiddeld overstromingsrisico en blootstelling)
 - Noordelijke regio's (Dunbevolkt; klimaatextremen en toenemende kust risico's)
 - Binnenlandse hinterlanden (Landelijk; meerdere klimaatgevaaren en relatief hoge kwetsbaarheid)
 - Laaglanden en estuaria (Dichtbevolkt; zeer hoog risico op kust- en rivieroverstroming)
 - Noordwestelijke stedelijke regio's (Sterk verstedelijkt; verhoogd risico door neerslag en overstroming)
 - Binnenlands en verstedelijkt (Grote steden landinwaarts; risico op rivieroverstroming en blootstelling)
 - Ingesloten en hooggelegen gebieden (Bergachtig; risico op aardverschuivingen en extreme neerslag)
 - Zuidelijke regio's (Warm; risico op droogte, hitte en bosbranden)

BASIS

ENERGIE

LOGISTIEK

GRONDSTOFFEN

INDUSTRIE

Energie

Energie is de levensader van de industrie. De ruimtelijke organisatie van het Europese energiesysteem bepaalt in hoge mate waar energie-intensieve industrie zich kan vestigen, hoe ze functioneert, en hoe snel ze kan verduurzamen.

Het huidige energiesysteem is historisch gegroeid rond fossiele bronnen: olie, aardgas en steenkool. Deze bronnen worden grotendeels van buiten Europa geïmporteerd en via een uitgebreid netwerk van pijpleidingen, tankers, terminals en hoogspanningsleidingen naar de industriële centra getransporteerd. De hele ruimtelijke structuur van de Europese industrie volgt deze logica. Raffinaderijen liggen aan de kust waar de tankers aanmeren, chemieclusters zitten bovenop gaspijpleidingen, staalfabrieken liggen nabij erts- of kolenhavens.

Dit systeem is tegelijkertijd robuust en fragiel. Robuust, omdat het in meer dan een eeuw is opgebouwd met enorme investeringen in infrastructuur. Fragiel, omdat het afhankelijk is van geopolitiek kwetsbare importrelaties en een CO₂-intensiteit kent die onverenigbaar is met de klimaatdoelen. De Russische inval in Oekraïne in 2022 maakte beide eigenschappen pijnlijk zichtbaar. Het systeem bleek flexibel genoeg om in korte tijd van leverancier te wisselen, maar de schok onderstreepte de noodzaak om de afhankelijkheid structureel te verminderen.

De energiecrisis van 2021–2023 heeft diep ingegrepen in de Europese industrie. De sterke stijging van gas- en elektriciteitsprijzen trof de energie-intensieve sectoren onevenredig hard. Europese producenten van ammoniak, aluminium en basischemicaliën zagen hun concurrentiepositie ten opzichte van

producenten in de VS, het Midden-Oosten en China verslechteren. Verschillende fabrieken werden tijdelijk of permanent gesloten. De prijs van energie is daarmee een existentieel risico geworden voor de Europese basisindustrie.

Dit probleem heeft een structurele component. Europese industriële energieprijzen zijn hoger dan in de meeste concurrerende regio's en zullen dat naar verwachting blijven. De VS beschikken over goedkoop schaliegas, het Midden-Oosten over gesubsidieerde fossiele energie, China over een combinatie van goedkope kolen en massale investeringen in hernieuwbare capaciteit. De Europese industrie moet haar transitie vormgeven in een context waarin de kosten van energie structureel hoger liggen dan bij de mondiale concurrentie.

De bestaande energie-infrastructuur creëert sterke pad-afhankelijkheid. Pijpleidingen, terminals, opslagfaciliteiten en elektriciteitscentrales vertegenwoordigen investeringen van tientallen miljarden euro's en hebben een technische levensduur van dertig tot vijftig jaar. Bedrijven die recent hebben geïnvesteerd in gasinfrastructuur hebben een economische prikkel om die investering terug te verdienen, ook als schonere alternatieven beschikbaar komen. Overheden die hebben geïnvesteerd in LNG-terminals als antwoord op de gascrisis creëren een nieuwe afhankelijkheid die decennia kan duren.

Deze lock-in effecten, die het moeilijk maken om met oude keuzes over te stappen naar betere oplossingen, zijn niet alleen financieel maar ook ruimtelijk. Infrastructuurcorridors, industrieterreinen en vergunningskaders zijn afgestemd op het fossiele systeem. Het aanleggen van nieuwe

infrastructuur, van waterstofleidingen tot hoogspanningsverbindingen, kost niet alleen geld maar ook tijd en ruimte, twee factoren die in het dichtbevolkte Europa schaars zijn.

De energietransitie verandert de locatielogica van de industrie fundamenteel. Hernieuwbare bronnen zijn plaatsgebonden op een andere manier dan fossiele brandstoffen. Windenergie concentreert zich rond de kusten en op zee, zonne-energie in het zuiden van Europa, waterkracht in de bergen. Waar het fossiele systeem draait om het transporteren van brandstof naar de fabriek, ontstaat in het hernieuwbare systeem een prikkel om de fabriek naar de energiebron te brengen. Dit kan op termijn leiden tot een herschikking van de industriële geografie van Europa.

De Noordzee neemt in dit verhaal een bijzondere positie in. Met haar uitgestrekte ondiepe wateren, sterke en constante winden, en directe ligging aan Europa's grootste industriële corridor, is de Noordzee de draaischijf van de Europese energietransitie. De geplande uitbreiding van offshore windcapaciteit is enorm. In combinatie met elektrolyse-installaties in de omliggende havengebieden ontstaat een productiesysteem voor groene waterstof dat de Noordzeelanden een voorsprong kan geven in de industriële transitie.

Tegelijkertijd introduceert de opkomst van waterstof als energiedrager een geheel nieuwe infrastructuurlaag, met eigen pijpleidingen, opslagfaciliteiten en terminals. Vooralsnog bestaat die infrastructuur grotendeels op papier: de gerealiseerde productiecapaciteit voor groene waterstof is een fractie van de aangekondigde ambities en de aanleg

van transportleidingen loopt achter op de planning. De European Hydrogen Backbone beoogt deze laag grotendeels te bouwen op bestaande gasinfrastructuur, maar de realisatie vereist investeringsbeslissingen en vergunningstrajecten die decennia kunnen duren.

En dan is er de uitdaging van het elektriciteitsnet. De groeiende vraag naar stroom, de decentrale opwekking door wind en zon, en de elektrificatie van industriële processen stellen het bestaande transportnet voor ongekende uitdagingen. Netcongestie is nu al een structureel probleem in grote delen van Europa. De snelheid waarmee het net kan worden uitgebreid, bepaalt in belangrijke mate waar nieuwe industriële activiteiten zich kunnen ontwikkelen.

De kaarten in dit deel laten zien hoe het Europese energiesysteem er nu uit ziet en maken impliciet zichtbaar waar de kwetsbaarheden en kansen liggen voor de transitie. Waar is de energie van de toekomst beschikbaar? En wat betekent dat voor de plekken waar de industrie nu zit?

Energie

Steenkool

Steenkool was de brandstof die de Europese industrialisatie mogelijk maakte. De eerste grootschalige industriële concentraties van het continent ontstonden in de traditionele steenkoolregio's, zoals het Ruhrgebied, Silezië, de Midlands, het Saarland en het Belgische bekken dat zich uitstrekt van Luik tot de Kempen. Hoewel de Europese kolenwinning sterk is afgenomen, zijn de ruimtelijke sporen van dit tijdperk nog altijd zichtbaar in het landschap en in de industriële geografie.

Steenkool en bruinkool worden nog op aanzienlijke schaal gebruikt in de energieopwekking in Oost-Europa, met name in Polen, Tsjechië en Duitsland. In de staalindustrie zijn metallurgische kolen (cokes) een essentieel reductiemiddel in het hoogovenproces. De transitie naar waterstofgebaseerde staalproductie zal deze afhankelijkheid fundamenteel veranderen, maar op de korte en middellange termijn blijven kolen een strategische grondstof.

LEGENDA

Extractie (GEM, 2025):

Kolenmijnen:

In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg

Capaciteit (Mtpa):

Transport (GEM, 2025):

Kolenterminals:

Import

Export

Capaciteit (Mtpa):

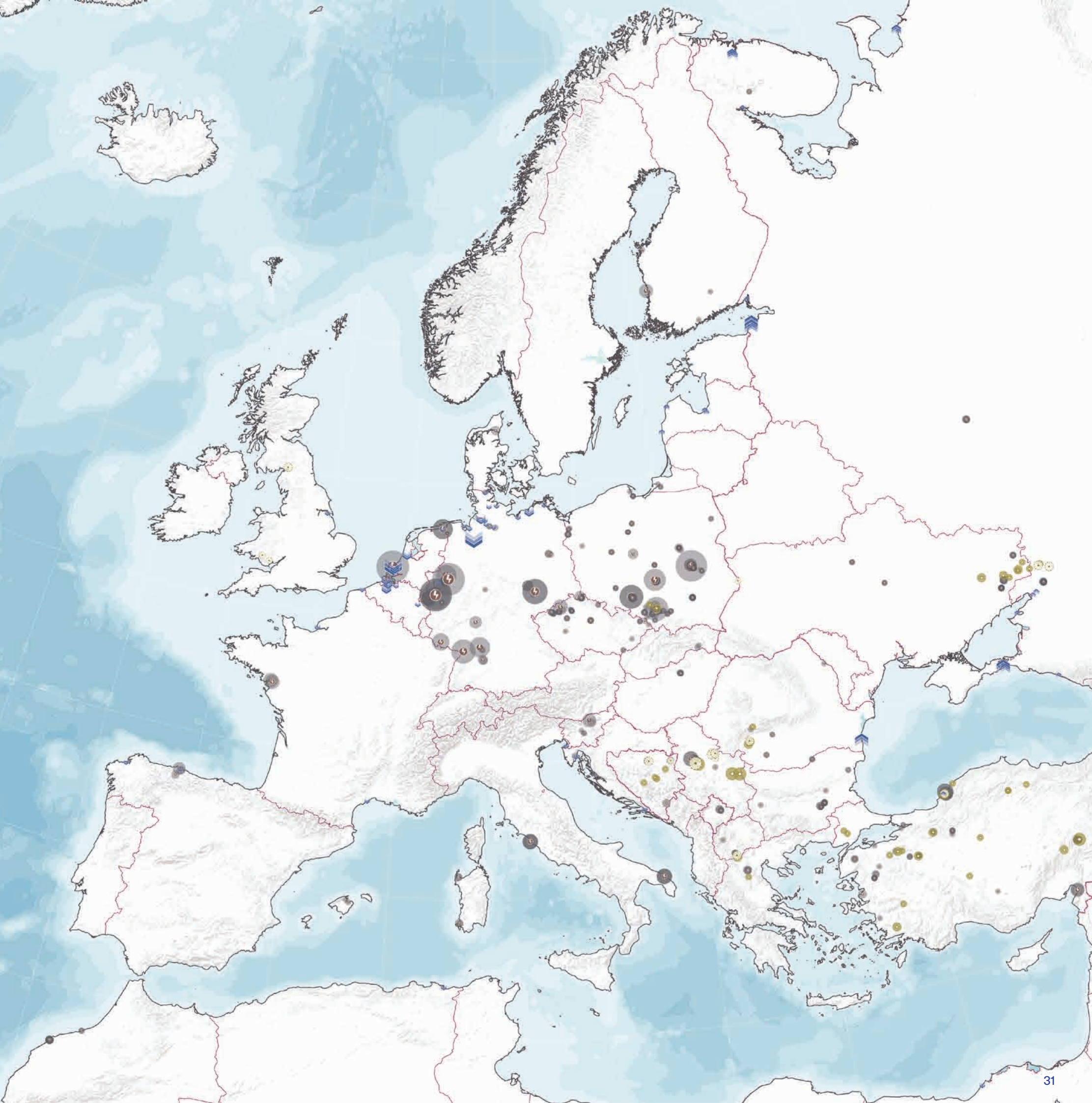
Opwekking (GEM, 2025):

Kolencentrale:

In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg

Capaciteit (MW):



Energie

Olie

Olie vormt nog altijd de ruggengraat van de Europese petrochemische en energiesector, waar geraffineerde brandstoffen worden gebruikt voor vervoer. Het overgrote deel van de ruwe olie wordt per tanker aangevoerd via een beperkt aantal grote zeehavens (Rotterdam, Antwerpen, Marseille-Fos, Triëst en Algeiras) en vervolgens via pijpleidingen naar het binnenland getransporteerd. De kaart toont hoe dit systeem van havens en leidingen een duidelijke ruimtelijke hiërarchie kent, met de Noordwest-Europese kustzone als zwaartepunt. Op de kaart is de omvang van de emissies per installatie gebruikt als indicator voor de hoeveelheid industriële activiteit op die locatie.

De Europese afhankelijkheid van geïmporteerde olie maakt dit netwerk geopolitiek kwetsbaar. De verschuiving weg van Russische leveranciers na 2022 heeft de aanvoerroutes en opslaglogistiek ingrijpend veranderd. Tegelijkertijd zet de energietransitie het hele raffinagesysteem onder druk: de vraag naar fossiele transportbrandstoffen daalt, terwijl de petrochemische industrie nog steeds olie als grondstof nodig heeft. De toekomstige ruimtelijke configuratie van dit netwerk hangt direct samen met de snelheid van elektrificatie en de opkomst van biobrandstoffen en synthetische alternatieven

LEGENDA

Extractie (PETRODATA; GEM, 2025):
Bron:

- Olievelden (≥ 500 miljoen vaten)
- Olie- en gaswinning

Aardolievelden:

- Olie
- Olie en gas

Verwerking (EU ETS, 2023):
Olieraffinaderijen

Grootte van de CO₂-emissies (EU ETS, 2023):
Emissies (ktpa)

Transport (Gas Infrastructure Europe, 2025):
Olie- en NGL-leidingen:

- In bedrijf
- Voorgesteld/ in aanleg



Energie

Gas

Het Europese aardgasnetwerk is een van de meest uitgestrekte en vertakte infrastructuursystemen van het continent. Grote pijpleidingen verbinden de productiegebieden (het Noordzeebekken, Noorwegen, Noord-Afrika en voorheen Rusland) met de industriële en stedelijke centra in West- en Centraal-Europa. Daarnaast is een groeiend netwerk van LNG-terminals ontstaan, waarmee vloeibaar aardgas per schip kan worden aangevoerd.

Aardgas speelt een dubbele rol in de industrie: als bron voor elektriciteits- en warmteopwekking en als grondstof voor de chemische industrie (met name voor de productie van waterstof, ammoniak en methanol). De gasinfrastructuur bepaalt daarmee niet alleen de energievoorziening maar ook de materiaalketen van een aanzienlijk deel van de Europese basisindustrie.

De toekomst van het gasnetwerk is onzeker. Enerzijds wordt er onderzoek gedaan om te bepalen of bestaande gasleidingen kunnen worden hergebruikt voor het transport van waterstof,

waardoor de bestaande infrastructuur een nieuwe bestemming kan krijgen. Anderzijds wordt de opwekking van nieuwe elektriciteit op basis van aardgas gezien als een manier om het op steenkool gebaseerde energiesysteem van Oost-Europa koolstofarm te maken, wat leidt tot de aanleg van nieuwe pijpleidingen en terminals. De kaart toont het huidige netwerk en geeft aan welke corridors en knooppunten in beide scenario's van strategisch belang zijn.

LEGENDA

Extractie (PETRODATA; GEM, 2025):
Bron:

- Gasvelden (≥ 3 biljoen kubieke voet)
- Gaswinning
- Olie- en gaswinning

Olie- en gasvelden:

- Gas
- Olie en gas

Transport (Gas Infrastructure Europe, 2025):
LNG-terminals

- Import
- Export

Capaciteit (Mtpa):

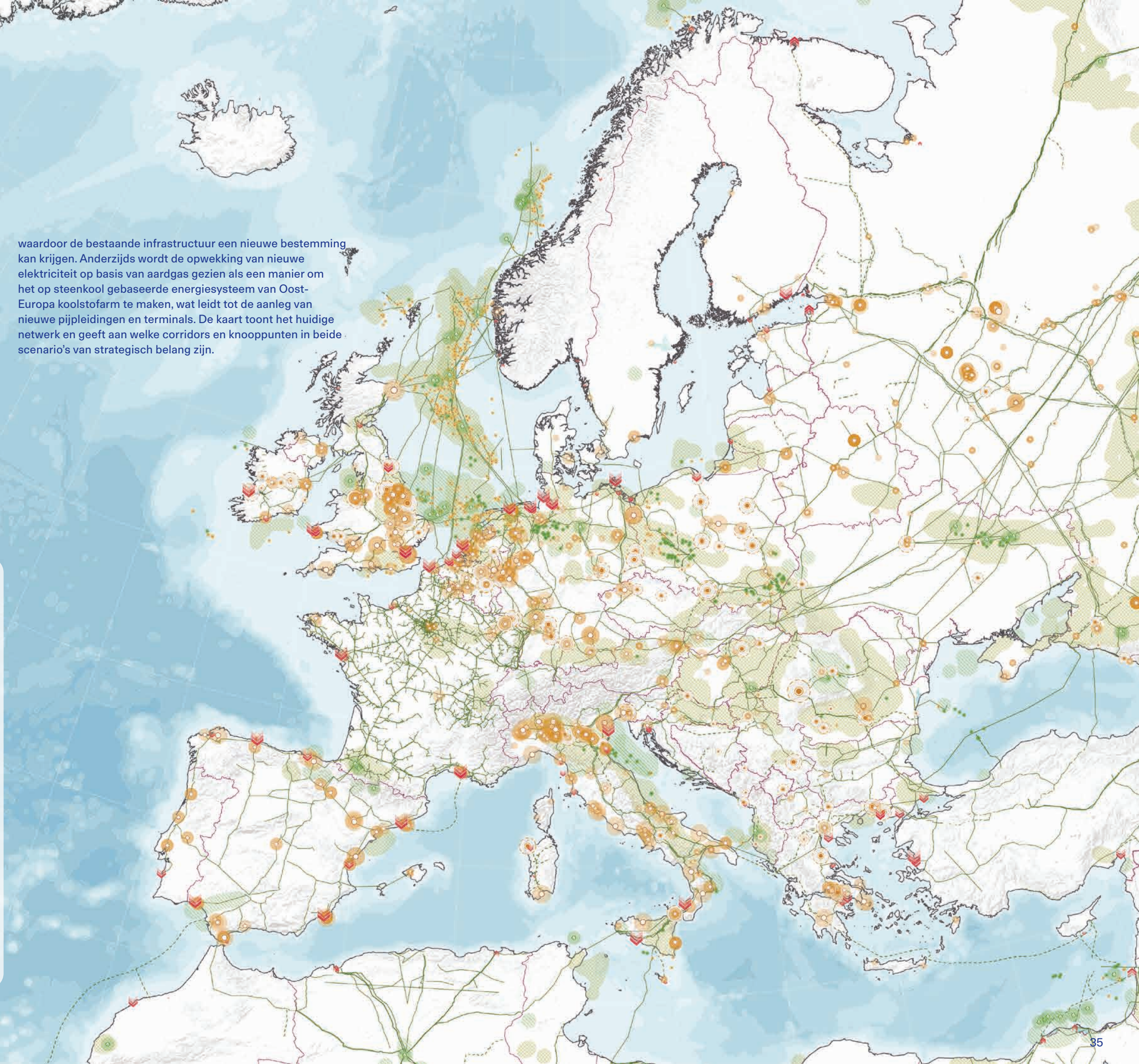
- Gasleidingen:
 - In bedrijf
 - Voorgesteld/ in aanleg

Opwekking (GEM, 2025):
Gascentrales

- In bedrijf
- Voorgesteld/ in aanleg

Capaciteit (MW):

- 1800
- 250
- 100



Energie

Elektriciteitsnetwerk

Het Europese elektriciteitsnet verbindt productie en verbruik over duizenden kilometers. Het net kent een hiërarchische opbouw: van grote landsgrensoverschrijdende interconnectoren die nationale markten verbinden, via nationale hoogspanningsnetten, tot regionale distributienetten die uiteindelijk de fabrieken en huishoudens bereiken.

De kaart toont de grote transmissielijnen, interconnectoren en converterstations. Converterstations zetten wisselstroom om in gelijkstroom en andersom, wat nodig is voor het efficiënt transporteren van elektriciteit over lange afstanden via zee kabels en langeafstandsverbindingen. Zichtbaar is de sterke integratie van het West-Europese net, met dichte verbindingen tussen Frankrijk, de Benelux, Duitsland en Scandinavië. In Oost- en Zuid-Europa zijn de verbindingen minder dicht, wat de integratie van hernieuwbare productiecapaciteit bemoeilijkt. Het Iberisch Schiereiland, dat over een groot zonne-energiepotentieel beschikt, is relatief zwak verbonden met de rest van het continent.

De energietransitie maakt het elektriciteitsnet essentieel voor de industrie, die overschakelt op directe elektrificatie of indirecte groene waterstof. De toenemende vraag naar elektriciteit en de grootschalige ontwikkeling van hernieuwbare energie hebben geleid tot netcongestie in grote delen van het systeem. De snelheid en omvang van de netuitbreiding zijn doorslaggevend voor de locatie en ontwikkeling van nieuwe industriële activiteiten.

LEGENDA

Elektriciteitsnet (ENTSO-E):

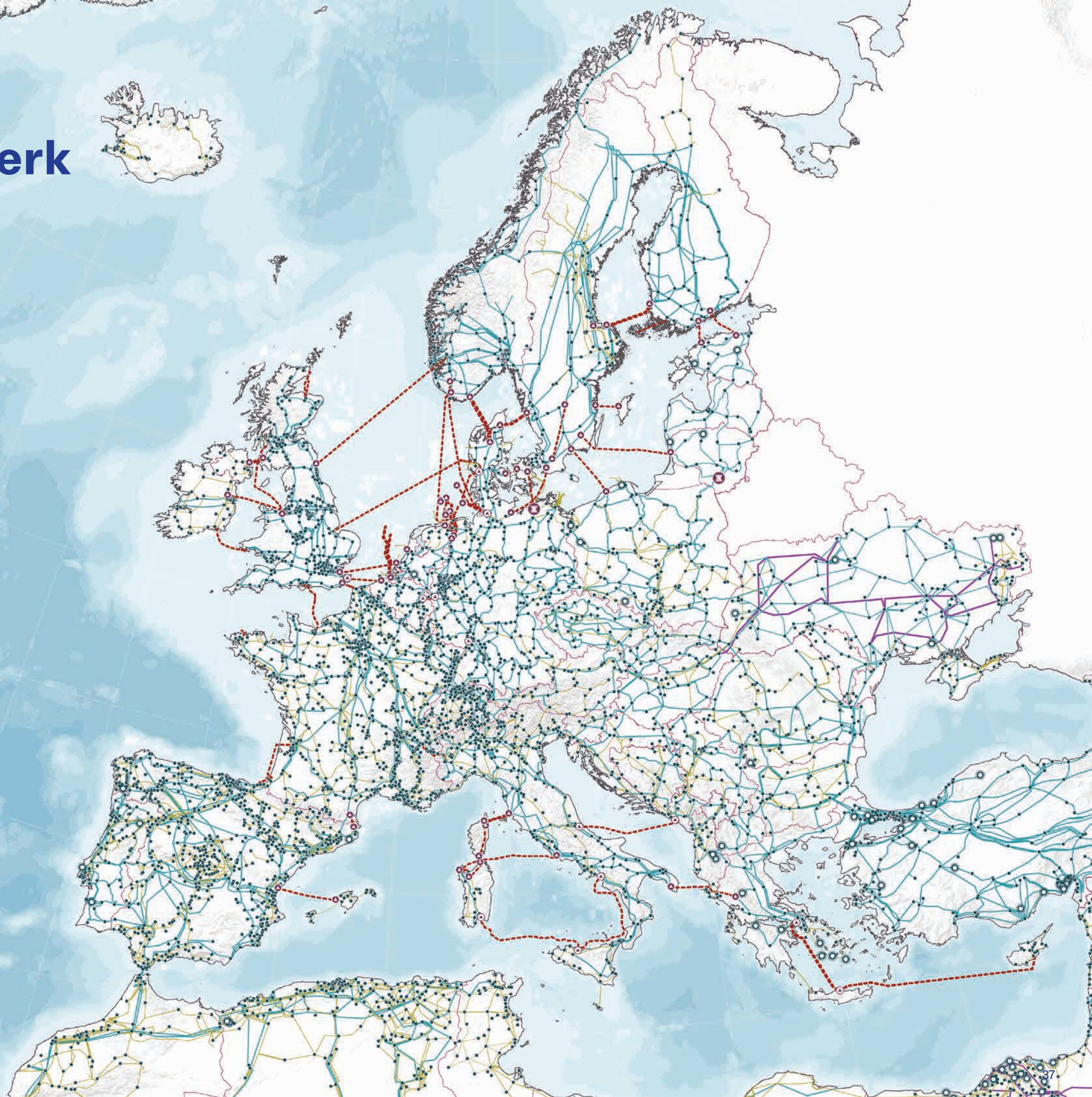
Hoogspanningsstation | Converterstations:

- Hoogspanningsstation ($\geq 220\text{kV}$)
- Hoogspanningsstation in aanleg ($\geq 220\text{kV}$)
- Converterstation
- Converterstation (back-to-back)
- Converterstation in aanleg

Hoogspanningslijnen:

- 132-150kV
- 220kV
- 300-330kV
- 380-400kV
- 500kV
- 750kV
- DC Offshore (zeekabel/zeeverbinding)

Offshore windparken (EEA SDI, 2020)



Energie

Waterkracht

Waterkracht is de oudste en meest betrouwbare vorm van hernieuwbare energie in Europa. De grote waterkrachtcentrales bevinden zich in de Scandinavië en in de Alpenregio, met name in Zwitserland, Oostenrijk en Noord-Italië. Daarnaast beschikken de Pyreneeën, de Balkan en Turkije over substantiële capaciteit.

Voor de energie-intensieve industrie is waterkracht van bijzondere betekenis. Het biedt stabiele, voorspelbare en relatief goedkope elektriciteit, eigenschappen die cruciaal zijn voor processen die continu draaien. Niet toevallig bevindt de Europese aluminiumindustrie zich van oudsher in de buurt van waterkrachtcentrales in Noorwegen, IJsland en de Alpen. De groeiende vraag naar schone elektriciteit voor industriële processen zou de strategische waarde van waterkracht verder kunnen vergroten.

Hoewel er onbenut regionaal potentieel is in Oost-Europa en de Balkan, is het minder waarschijnlijk dat dit wordt benut vanwege lange, complexe vergunningsprocedures en strenge EU-wetgeving inzake waterbescherming (zoals de Kaderrichtlijn Water), die kapitaalintensieve waterkrachtprojecten kunnen verhinderen of vertragen.

LEGENDA

Opwekking van hernieuwbare energie (HydroAtlas, 21 GEM, 2025):

— Rivieren

Waterkrachtcentrales:

Status:

- In bedrijf
- Voorgesteld/ in aanleg

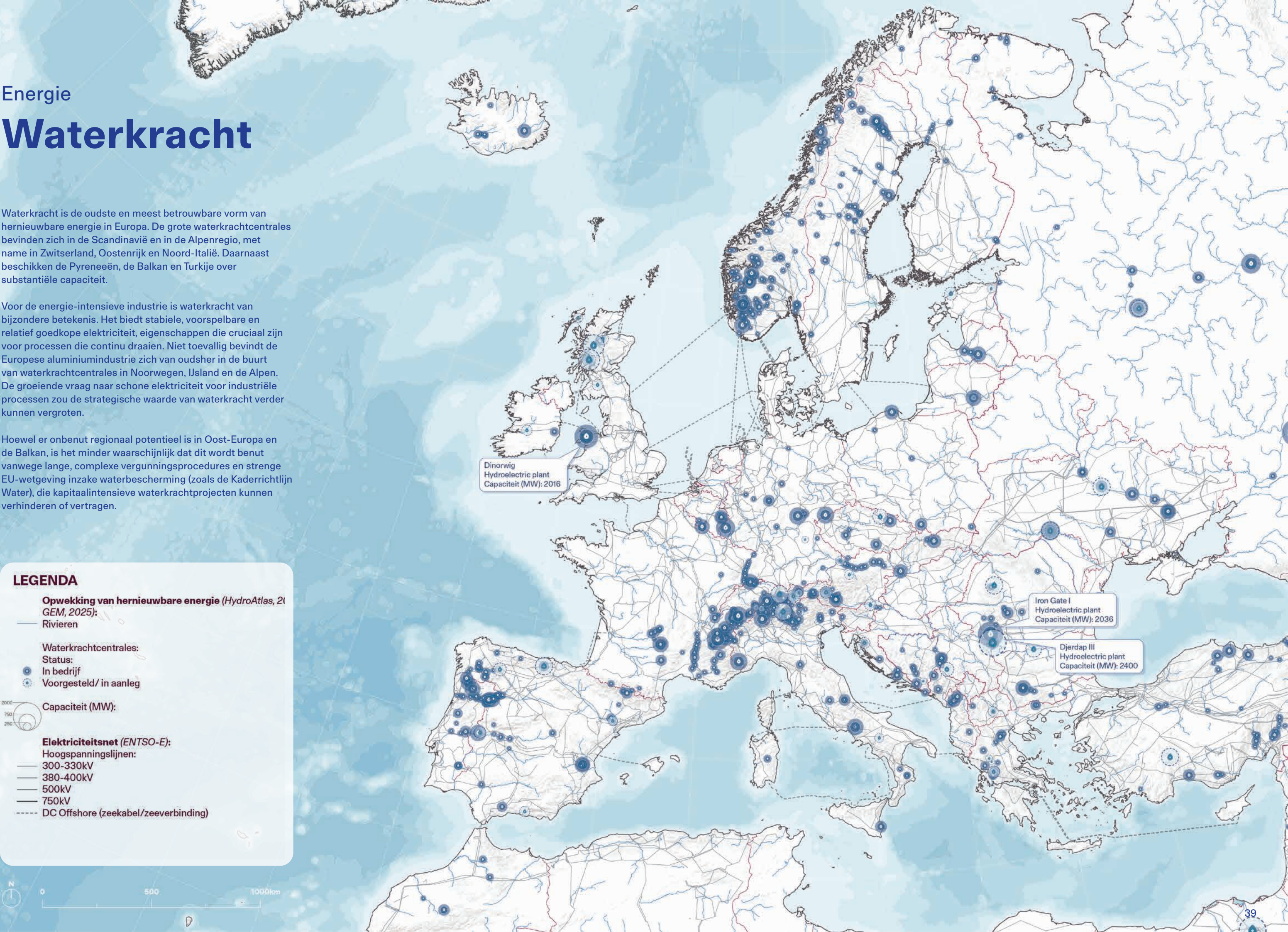
Capaciteit (MW):

- 2000
- 750
- 250

Elektriciteitsnet (ENTSO-E):

Hoogspanningslijnen:

- 300-330kV
- 380-400kV
- 500kV
- 750kV
- DC Offshore (zeekabel/zeeverbinding)



Energie

Kernenergie

Kernenergie levert een substantieel deel van de Europese basislastelektriciteit. De kaart toont een sterk geconcentreerd beeld: Frankrijk domineert met tientallen reactoren die verspreid over het hele land staan. Daarnaast beschikken Finland, Zweden, Nederland, België, Tsjechië, Slowakije, Hongarije en Bulgarije over significante kernenergiecapaciteit. Enkele landen, zoals Duitsland, hebben hun kerncentrales gesloten, terwijl andere, waaronder Polen en Nederland, nieuwe capaciteit overwegen.

In de context van de industriële transitie wint kernenergie aan relevantie als leverancier van constante, CO₂-arme elektriciteit. Industriële processen die grote hoeveelheden betrouwbare stroom vereisen, zoals elektrische boogovens voor staalproductie of de productie van industriële gassen, profiteren van de stabiliteit die kernenergie biedt. De locatie van kerncentrales kan daarmee een vestigingsfactor worden voor nieuwe industriële ontwikkelingen.

LEGENDA

Opwekking van hernieuwbare energie (GEM,2025):
Kerncentrales:
Status:
 In bedrijf
 Voorgesteld/ in aanleg

Capaciteit (MW):


Elektriciteitsnet (ENTSO-E):
Hoogspanningslijnen:
 300-330kV
 380-400kV
 500kV
 750kV
 DC Offshore (zeekabel/zeeverbinding)



Energie

Biomassa

Biomassa is een veelzijdige maar controversiële energiebron. In Europa wordt biomassa gebruikt voor warmteopwekking, elektriciteitsproductie en als grondstof in de industrie. De kaart toont ook afvalcentrales, die biomassa kunnen gebruiken om samen met restafval elektriciteit op te wekken. We zien concentraties in Scandinavië en de Baltische staten, wat samenhangt met hun uitgestrekte bossen. Daarnaast zijn er concentraties van biomassagebruik in Oostenrijk, Duitsland en landen met een grote landbouwsector, zoals Nederland.

Voor energie-intensieve industrieën is biomassa bijzonder relevant als potentieel alternatief voor fossiele brandstoffen in chemische processen. Ook als warmtebron in de buurt van stedelijke gebieden is biomassa van belang. De beschikbaarheid is echter beperkt en het potentieel voor duurzame oogst is eindig. Concurrentie om productieve grond voor andere doeleinden, zoals voedselproductie, biodiversiteit en koolstofopslag in bossen, beperkt de schaal waarop biomassa kan worden benut.

LEGENDA

Opwekking van hernieuwbare energie (GEM,2025; Gas Infrastructure Europe, 2025; European Biogas Association, 2025):
Bio-energiecentrale (incl. afvalenergiecentrales | Brandstof: biomassa/biogas):

Status:

In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg

Capaciteit (MW):

Biomethaansinstallatie

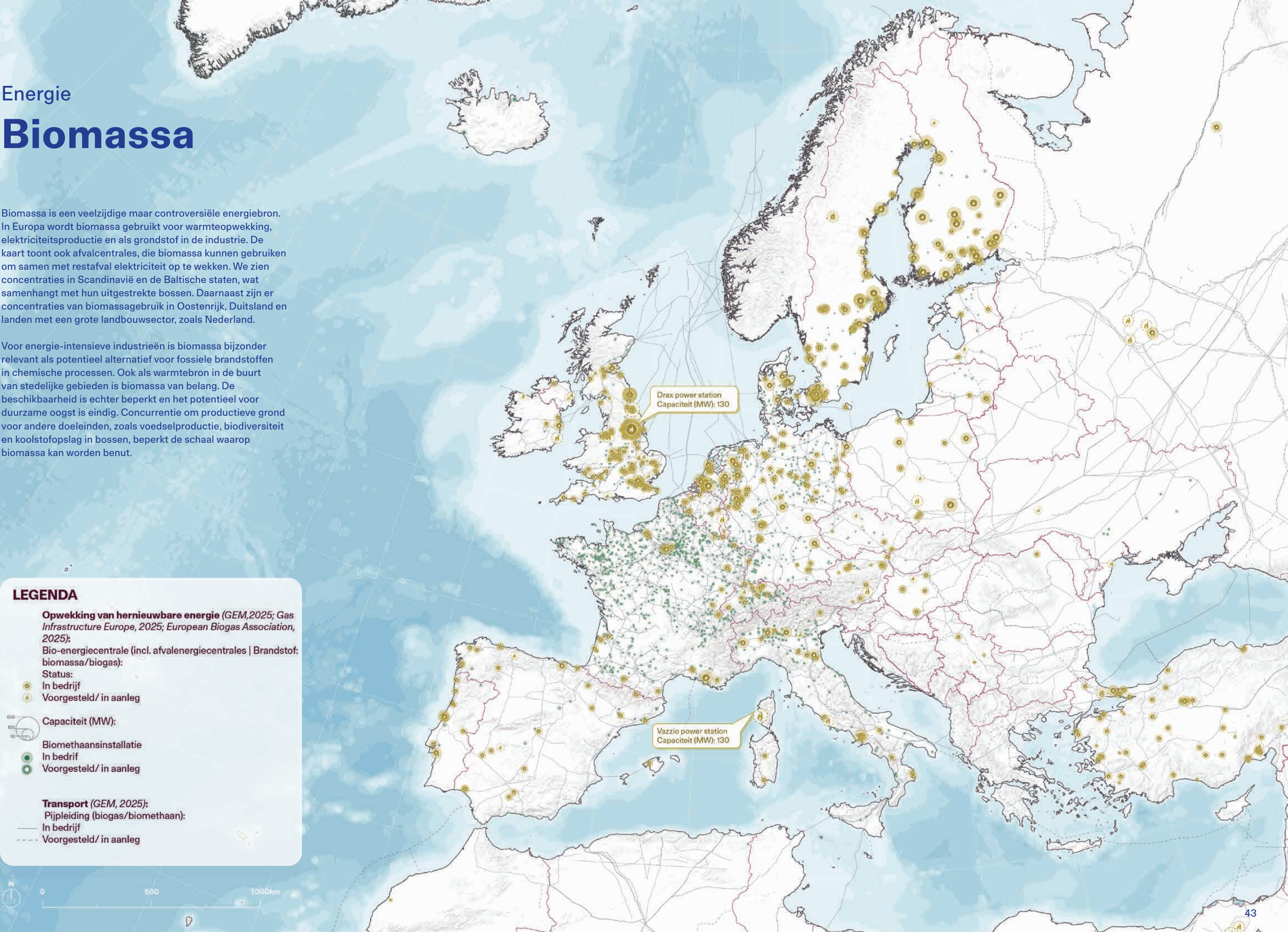
In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg

Transport (GEM, 2025):
Pijpleiding (biogas/biomethaan):

In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg



Energie

Windenergie

Windenergie is de snelst groeiende energiebron in Europa. De kaart toont een duidelijk ruimtelijk patroon: de grootste concentraties van windparken op zee bevinden zich in de Noordzee, met omvangrijke windparken voor de kusten van het Verenigd Koninkrijk, Denemarken, Duitsland, Nederland en België. Ook staan grootschalige projecten gepland in de Oostzee, aan de Atlantische kust en in de Middellandse Zee. Windparken op land bevinden zich in Noord-Duitsland, Denemarken, Noord-Frankrijk, Spanje en Portugal, maar zijn relatief kleiner in omvang dan offshore windparken.

Voor de industrie is offshore windenergie van bijzonder belang. De enorme capaciteit die in de Noordzee wordt ontwikkeld, ligt in de directe nabijheid van de grootste Europese industriële clusters in de Rijn-Scheldedelta, het Duitse kustgebied en Zuidoost-Engeland. De nabijheid van deze windcapaciteit tot de grote industriële clusters geeft de Noordzeeregio een unieke uitgangspositie voor de elektrificatie van de industrie.

LEGENDA

Opwekking van hernieuwbare energie (GEM,2025):
Windparken (≥100MW capaciteit):

Status:

- In bedrijf
- Voorgesteld/ in aanleg

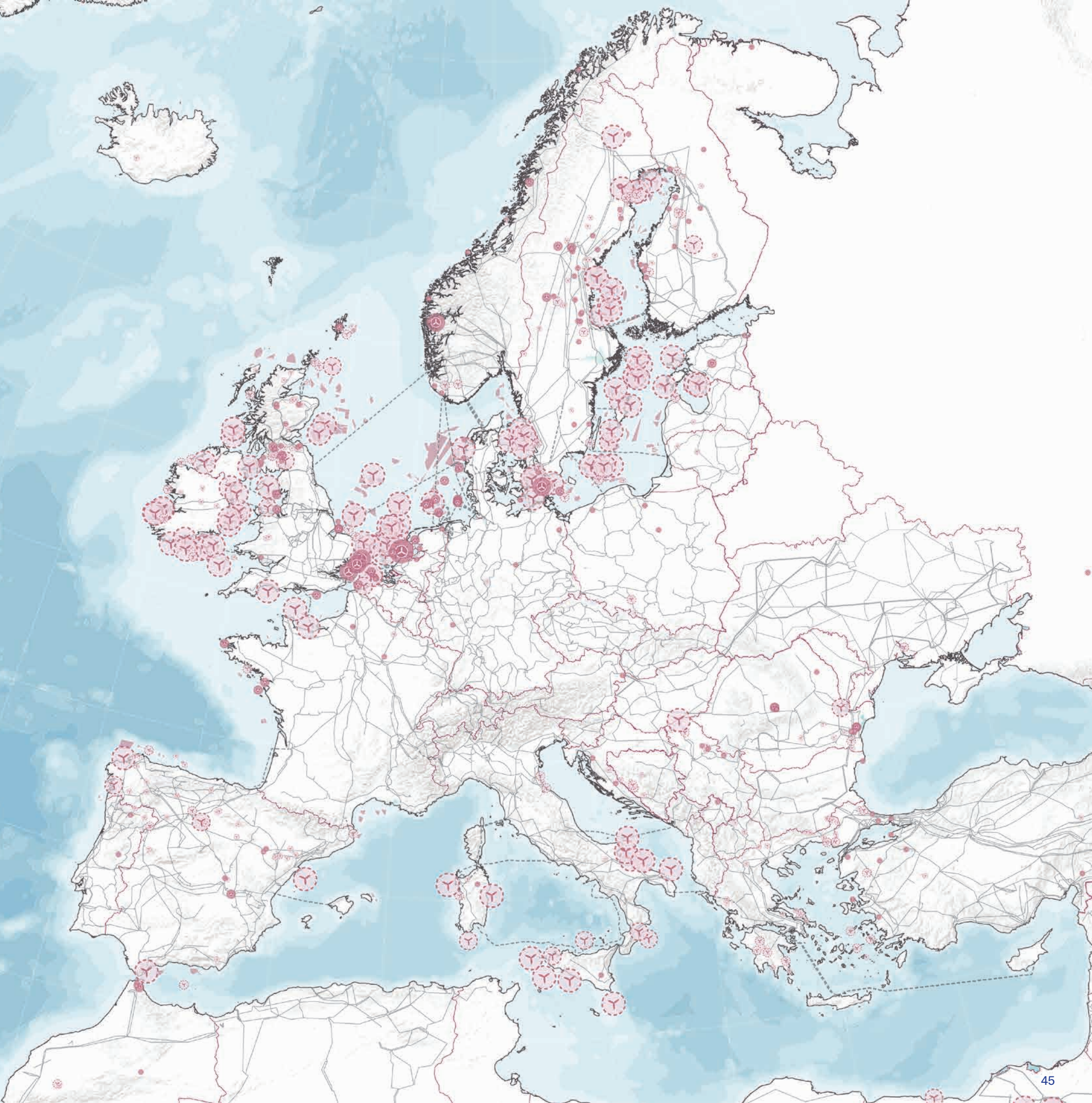
Capaciteit (MW):

- 750
- 500
- 250

Elektriciteitsnet (ENTSO-E):
Hoogspanningslijnen:

- 300-330kV
- 380-400kV
- 500kV
- 750kV
- DC Offshore (zeekabel/zeeverbinding)

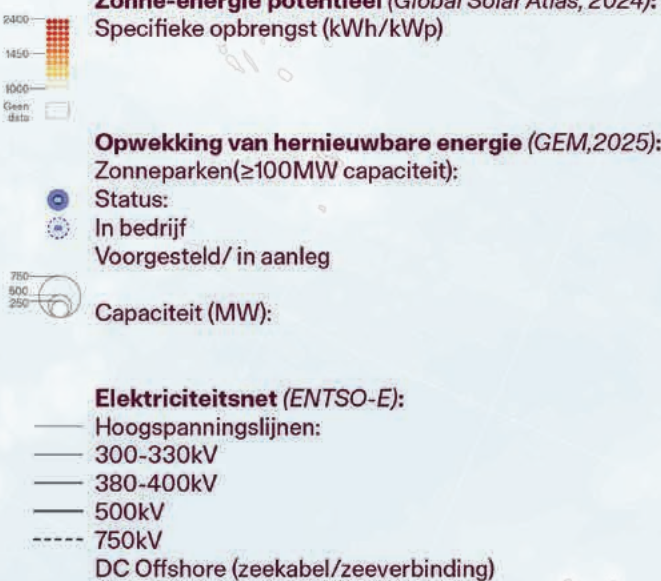
Offshore windparken (EEA SDI, 2020)



Zonne-energie

Voor de industrie biedt zonne-energie zowel kansen als uitdagingen. Aangezien zonne-energie sterk varieert door dag-nachtcycli en seizoensverschillen, is het directe gebruik ervan in continue productieprocessen moeilijk zonder grootschalige opslag of aanvullende bronnen. Tegelijkertijd maakt de dalende prijs van zonnepanelen het steeds aantrekkelijker om industriële locaties uit te rusten met eigen stroomopwekking.

Een opvallend gegeven op de kaart is het hoge zonnepotentieel van Groenland. Dit wordt verklaard door de hoogte van het ijsplateau (tot 3.000 meter, met dunnere en helderdere atmosfeer) en de sterke reflectie van sneeuw en ijs, die de instraling op zonnepanelen verhoogt. Dit potentieel is theoretisch maar praktisch niet benutbaar door de extreme omstandigheden en het ontbreken van infrastructuur.



Energie

Geothermie

Geothermische energie benut de warmte uit de aardkorst. Europa beschikt over geothermisch potentieel van uiteenlopende kwaliteit. IJsland is het meest voor de hand liggende voorbeeld, waar vulkanische activiteit ondiepe, hoogwaardige warmte beschikbaar maakt. Op het Europese vasteland zijn het vooral het Pannonische bekken (Hongarije), Boven-Rijnslenk (Duitsland/Frankrijk) en Toscane (Italië) die over bruikbare geothermische bronnen beschikken.

Voor de industrie kan geothermie een rol spelen als leverancier van proceswarmte op lage en middelhoge temperatuur. Sectoren als de voedingsindustrie, de papierindustrie en delen van de chemie kunnen profiteren van een stabiele, lokale warmtebron. De glastuinbouw maakt al op aanzienlijke schaal gebruik van geothermie. De inzet voor hoogtemperatuurprocessen zoals die in de staal- of cementindustrie vereist echter diepere bronnen die technisch uitdagender zijn.

De kaart onderscheidt vier categorieën van geothermisch potentieel. Gebieden met temperaturen boven 50°C op 1.000 meter diepte zijn geschikt voor lagetemperatuurwarmte, zoals stadsverwarming en kasverwarming. Waar de temperatuur op 2.000 meter diepte boven de 90°C uitkomt, zijn hogere industriële toepassingen denkbaar. Gebieden met een warmtestroomdichtheid boven 90 mW/m² duiden op een hoge warmteflux vanuit de aarde, wat gunstig is voor verdere ontwikkeling. En locaties met waarschijnlijk geothermische hydrothermale bronnen bieden het meest directe potentieel, omdat daar warm water of stoom op bereikbare diepte aanwezig is.

LEGENDA

Potentieel (GeoDH,2015):

- Temperatuur op 1000 m diepte hoger dan 50 °C
- Temperatuur op 2000 m diepte hoger dan 90 °C
- Warmtestroomdichtheid hoger dan 90 mW/m2
- Waarschijnlijk geothermische hydrothermale bronnen
- Niet opgenomen in GeoDH-studie

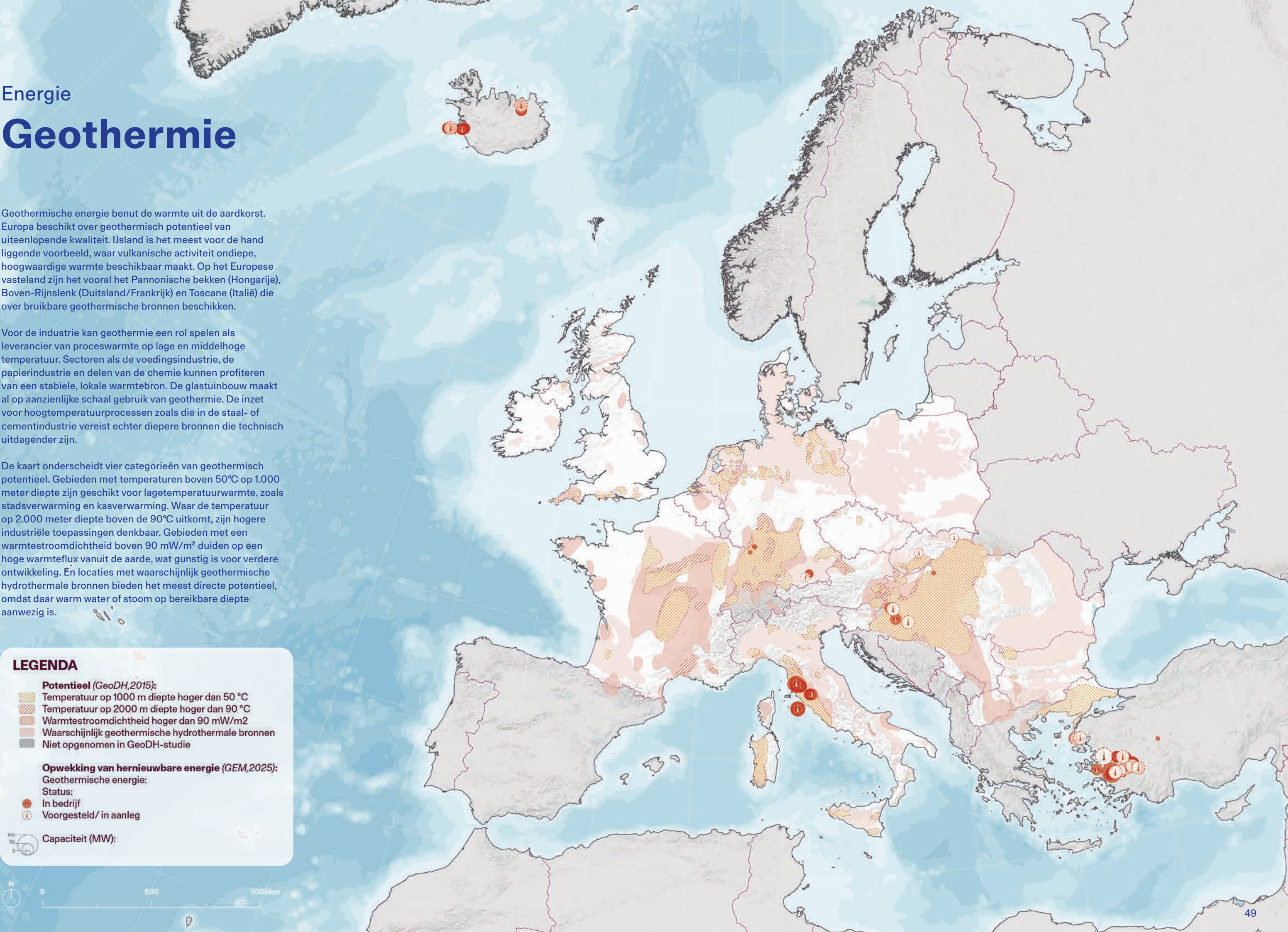
Opwekking van hernieuwbare energie (GEM,2025):

Geothermische energie:

Status:

- In bedrijf
- Voorgesteld/ in aanleg

Capaciteit (MW):



Energie

Waterstof

Waterstof wordt beschouwd als een sleutelement in de industriële transitie. Als energiedrager kan het fossiele brandstoffen vervangen in processen die moeilijk te elektrificeren zijn en als aanvullende grondstof in de chemische industrie die overschakelt op biobased chemie. De kaart toont de bestaande waterstofproductie en de geplande infrastructuur voor groene waterstof.

Grijze waterstof wordt gemaakt van aardgas. Hierbij komt veel CO₂ vrij die direct de atmosfeer in gaat. Dit is momenteel de meest gebruikte, maar minst duurzame methode. Blauwe waterstof wordt op dezelfde manier geproduceerd als grijze waterstof, maar de CO₂ wordt opgevangen en ondergronds opgeslagen (CCS). Groene waterstof wordt geproduceerd via elektrolyse van water met duurzame energie. Hierbij komt helemaal geen CO₂ vrij, wat het de schoonste vorm maakt.

Er zijn talrijke concepten en haalbaarheidsstudies voor de productie van groene waterstof in Noordwest-Europa en Spanje, maar deze worden nog niet op grote schaal uitgevoerd.

De Europese waterstofbackbone is een plan voor een pijpleidingsysteem dat grotendeels voortbouwt op de bestaande gasinfrastructuur. De geplande corridors verbinden regio's met een groot potentieel voor hernieuwbare energie (de Noordzee, het Iberisch Schiereiland, Scandinavië) met de grote industriële centra in Noordwest- en Midden-Europa. De vraag is hoe snel deze infrastructuur kan worden aangelegd en of de productie van groene waterstof snel genoeg kan worden opgeschaald om aan de industriële vraag te voldoen. Tot nu toe blijft de praktijk ver achter bij de ambitie: het merendeel van de aangekondigde projecten bevindt zich nog in de concept- of haalbaarheidsfase en slechts een klein deel heeft een definitieve investeringsbeslissing bereikt.

LEGENDA

Opwekking van hernieuwbare energie (IEA, 2025):

Waterstofproductie:

Type:

Blauwe waterstof (met CCUS)

Groene waterstof

Overig

Status:

In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg

Capaciteit (kt H₂/jr):

5000

500

50

Transport (H₂ Infra map, 2025; NSE, 2025):

H₂-terminals

Transmissielijnen:

Omvorming van bestaande infrastructuur

Mix

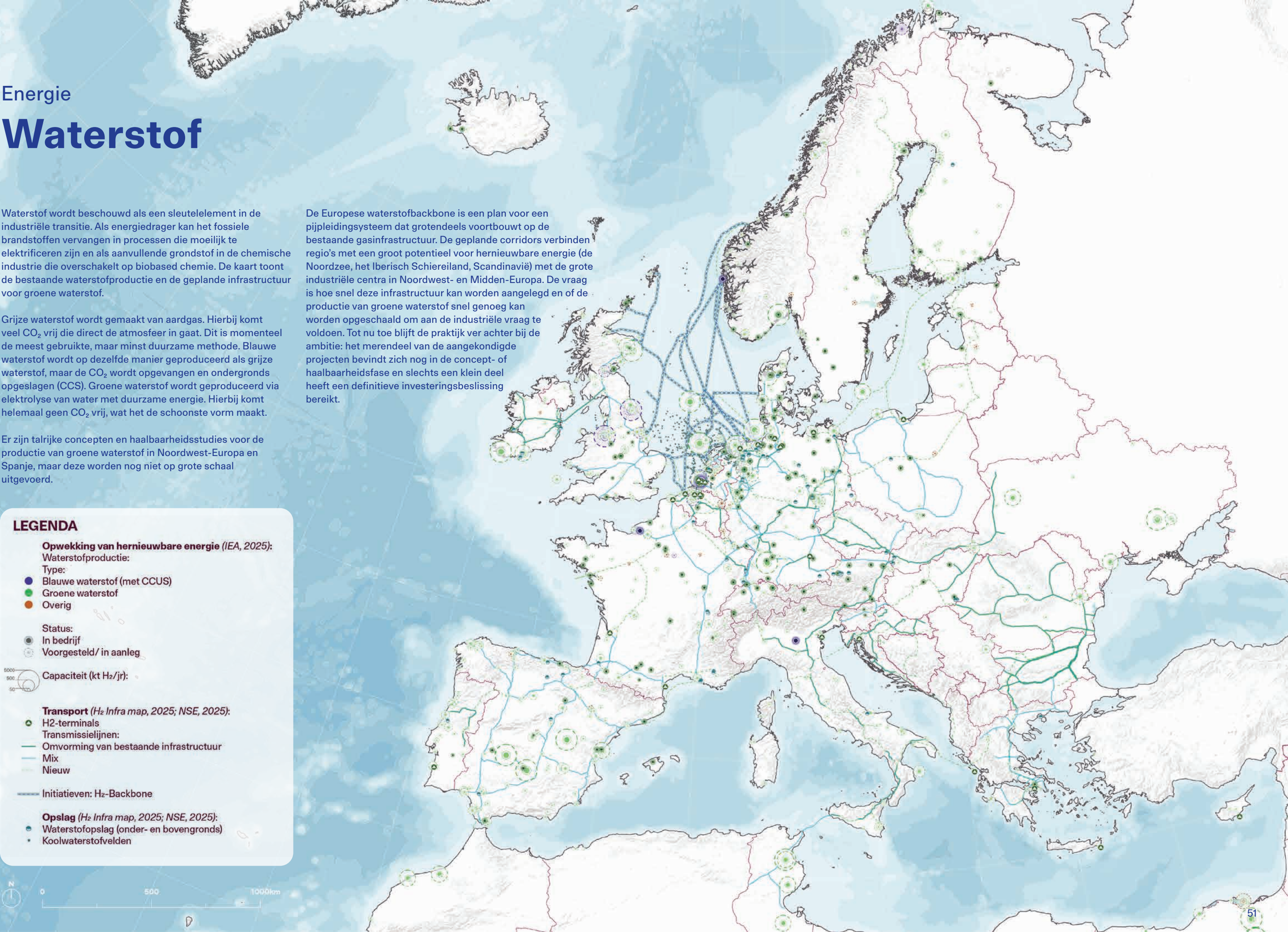
Nieuw

Initiatieven: H₂-Backbone

Opslag (H₂ Infra map, 2025; NSE, 2025):

Waterstofopslag (onder- en bovengronds)

Koolwaterstofvelden



BASIS

ENERGIE

LOGISTIEK

GRONDSTOFFEN

INDUSTRIE

Logistiek

De energie-intensieve industrie is een sector van grote volumes en zware massa's. IJzererts, kolen, ruwe olie, chemische halffabricaten, cementklinker — de basisindustrie verplaatst enorme hoeveelheden grondstoffen en producten. Dat maakt logistiek tot een doorslaggevende vestigingsfactor. Industriële clusters bevinden zich op de plekken waar transportmodaliteiten samenkomen en waar de kosten van aan- en afvoer minimaal zijn.

Het Europese logistieke systeem rust op vier pijlers: binnenvaart, wegvervoer, spoor en pijpleidingen. Elke modaliteit heeft een eigen ruimtelijke logica.

De binnenvaart biedt de laagste kosten per tonkilometer maar is gebonden aan bevaarbare rivieren en kanalen. Het wegennetwerk biedt maximale flexibiliteit maar tegen hogere kosten en met grotere milieu-impact. Het spoor biedt een tussenweg voor lange afstanden en zware ladingen. En pijpleidingen vervoeren vloeistoffen en gassen, van olie en gas tot chemicaliën, continu en tegen lage marginale kosten, maar hun netwerk is rigide en uitbreiding vergt decennia.

De Europese Unie heeft met het Trans-Europees Transportnetwerk (TEN-T) een kader geschapen om de logistieke verbindingen op het continent te versterken. Het TEN-T onderscheidt een kernnetwerk (te realiseren voor 2030) en een uitgebreid netwerk (2050), aangevuld met een aantal prioritaire Europese transportcorridors. Het doel is om knelpunten in het grensoverschrijdend vervoer weg te nemen, de capaciteit te vergroten en de verschuiving van weg naar spoor en water te bevorderen.

Voor deze atlas zijn met name de corridors relevant die de Noordzee verbinden met de rest van het continent. Deze corridors, op de kaarten gemarkeerd als 'Noordzee-Oostzee' en 'Noordzee-Middellandse Zee', volgen de routes waarlangs het merendeel van de Europese industriële aan- en afvoer verloopt. Ze lopen door het hart van de industriële geografie: van de Noordzeehavens via het Rijnland en de Alpentraverses naar de Mediterrane kust en verder naar Oost-Europa. De mate waarin deze corridors functioneren, zowel voor conventioneel goederenvervoer als voor nieuwe stromen zoals waterstof en CO₂, is bepalend voor de concurrentiepositie van de clusters die erlangs liggen.

De zeehavens vormen de knooppunten waar deze vier netwerken samenkomen met de mondiale scheepvaart. De haven van Rotterdam is het meest sprekende voorbeeld: hier komen de diepste vaargeul van Europa, de Rijn als binnenvaartverbinding, een dicht spoor- en wegennetwerk, en een heel stelsel van pijpleidingen samen.

Het is geen toeval dat het grootste industrieel-chemische complex van Europa rondom deze haven is gegroeid. De andere grote Noordwest-Europese havens vullen Rotterdam aan in een complementair systeem. Antwerpen is na Rotterdam de tweede petrochemiehaven van Europa en functioneert als binnenhaven met sterke spoor- en binnenvaartverbindingen. Hamburg bedient het Noord-Duitse en Oost-Europese achterland. Marseille-Fos is de poort naar de Middellandse Zee en Zuid-Europa. Algeciras fungeert als overslaghaven aan de Straat van Gibraltar. De onderlinge specialisatie en concurrentie van deze havens bepaalt mede hoe de industriële stromen over het continent

worden verdeeld.

De omvang van havens zegt veel over de industriële intensiteit van hun regio. De kaarten in dit deel tonen het tonnage dat per haven wordt verwerkt. De Noordwest-Europese havens domineren dat beeld, maar ook de Mediterrane havens en de Zwarte Zeehavens verwerken aanzienlijke volumes, vooral van olie en erts.

De transitie naar een circulaire economie zal de logistieke logica veranderen. Wanneer grondstoffen niet meer primair van overzee worden geïmporteerd maar steeds meer uit Europese afvalstromen worden teruggewonnen, verschuift het zwaartepunt van de aanvoerketen. De binnenlandse inzamelingslogistiek wint dan aan belang ten opzichte van de zeehaven.

Tegelijkertijd ontstaan er nieuwe stromen zoals waterstof dat per pijpleiding of schip moet worden vervoerd, CO₂ dat naar opslaglocaties moet worden getransporteerd, biomassa die vanuit landelijke gebieden naar industriegebieden moet worden gebracht.

Elk van deze stromen stelt eigen eisen aan de infrastructuur en verandert de relatieve aantrekkelijkheid van locaties.

Logistiek

Vaarwegennetwerk

Het Europese binnenvaartnetwerk is een van de belangrijkste door de mens aangepaste natuurlijke systemen van het continent. De Rijn is de op één na drukst bevaren rivier ter wereld en vormt de ruggengraat van een netwerk dat zich uitstrekt van de Noordzeehavens tot diep in Zwitserland en, via het Rijn-Main-Donaukanaal, helemaal tot aan de Zwarte Zee. De Elbe, de Seine, de Rhône en het uitgebreide kanaalnetwerk in de Lage Landen en Noord-Frankrijk vullen dit netwerk aan.

Voor energie-intensieve industrieën is het vervoer over de binnenwateren van strategisch belang. Bulkgoederen zoals erts, steenkool, olie en chemicaliën worden bij voorkeur vervoerd met binnenschepen vanwege de lage kosten en de hoge laadcapaciteit. De concentratie van zware industrie langs de Rijn, van Rotterdam en het Ruhrgebied tot Ludwigshafen en Basel, weerspiegelt deze logistieke logica direct.

Klimaatverandering vormt een toenemend risico voor de binnenvaart. Langdurige periodes van lage

waterstanden, zoals tijdens de droge zomers van 2018 en 2022, leggen de kwetsbaarheid van dit systeem bloot. De betrouwbaarheid van de binnenvaart wordt daarmee een factor in ruimtelijke ordeningsoverwegingen met betrekking tot de industrie van de toekomst.

LEGENDA

 **Havens (TEN-T, 2024):**

 Zeehavens (kern)

 Binnenhavens (kern)

 Zeehavens (uitgebreid)

 Binnenhavens (uitgebreid)

 Overige havens

 Stedelijke agglomeraties

 Totaal verwerkte tonnage in beide richtingen (Mtpa) (Eurostat, 2024)

 400

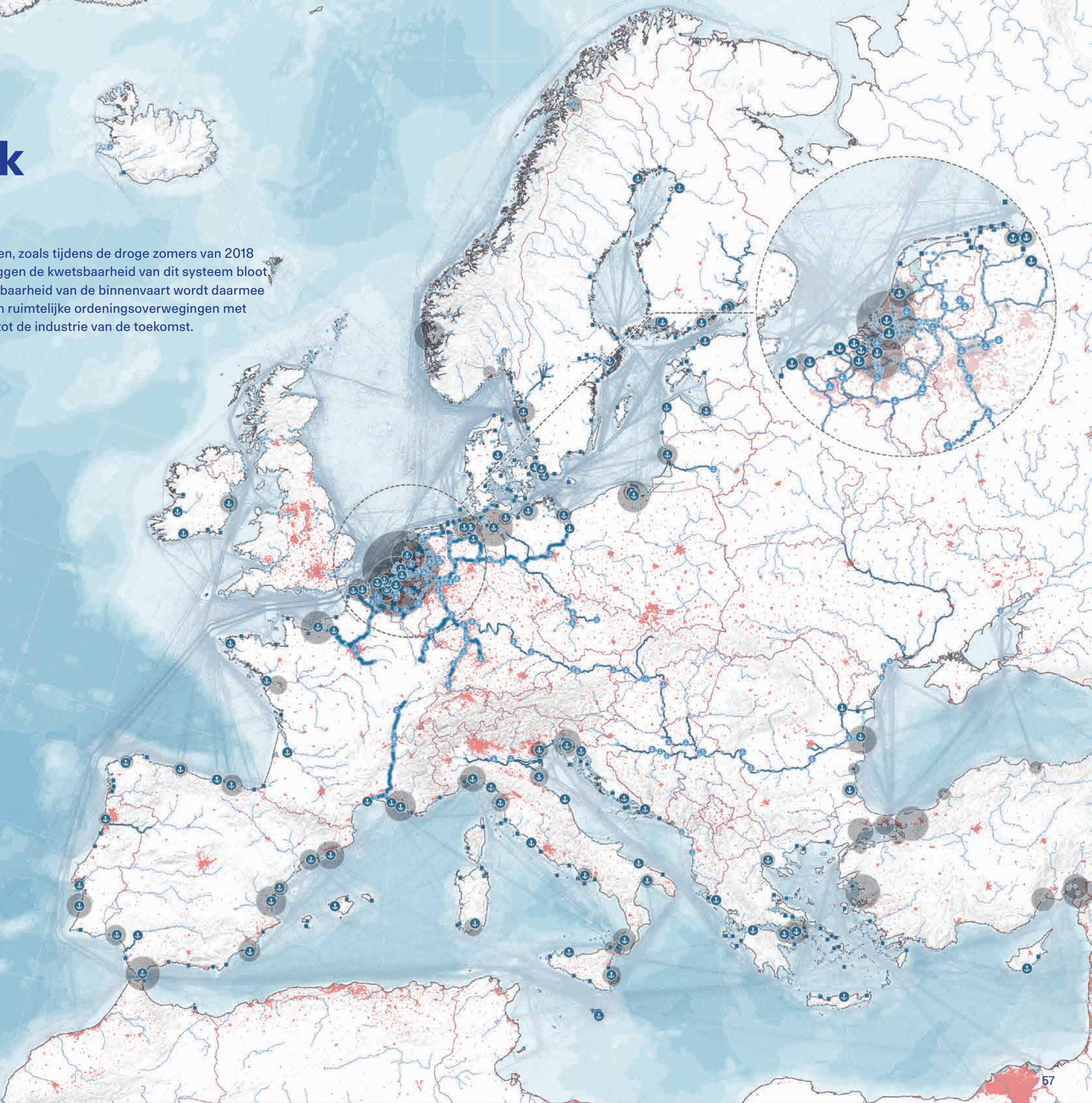
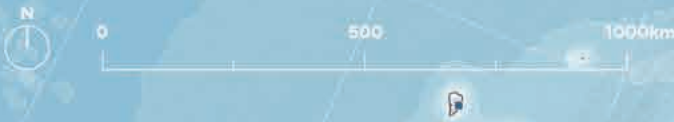
 100

 10

 **Waterwegen:**

 Kernnetwerk (TEN-T, 2024)

 Noordzee-Oostzee- en Noordzee-Middellandse Zee-corridors



Logistiek

Wegennetwerk

Het Europese autosnelwegennetwerk is het meest fijnmazige van de vier logistieke systemen. De kaart toont een dicht web van snelwegen dat de grote stedelijke regio's en industriële centra verbindt, met de hoogste dichtheid in de 'blauwe banaan' — de verstedelijkte zone die loopt van Zuidoost-Engeland via de Lage Landen en het Rijnland naar Noord-Italië.

Voor de industrie speelt het wegennetwerk een essentiële rol in de distributie van eindproducten en in de fijnmazige logistiek van onderdelen en halffabricaten. De just-in-time-productie die veel industrieën kenmerkt, is afhankelijk van betrouwbare en snelle wegverbindingen. Tegelijkertijd is het vrachtverkeer verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de CO₂-uitstoot in het vervoer, wat zowel elektrificatie van het wegvrachtvervoer als een modal shift naar water, spoor en pijpleidingen noodzakelijk maakt.

De kwaliteit en capaciteit van het wegennetwerk verschillen sterk binnen Europa. Terwijl West-Europa een fijnmazig en goed onderhouden netwerk kent, kampen

delen van Oost- en Zuidoost-Europa met achterstanden in aanleg en onderhoud. Dit verschil in bereikbaarheid beïnvloedt de vestigingsmogelijkheden voor industrie direct.

LEGENDA

Stedelijke gebieden:

Stedelijke knooppunten (TEN-T, 2024)

Hoofdsteden

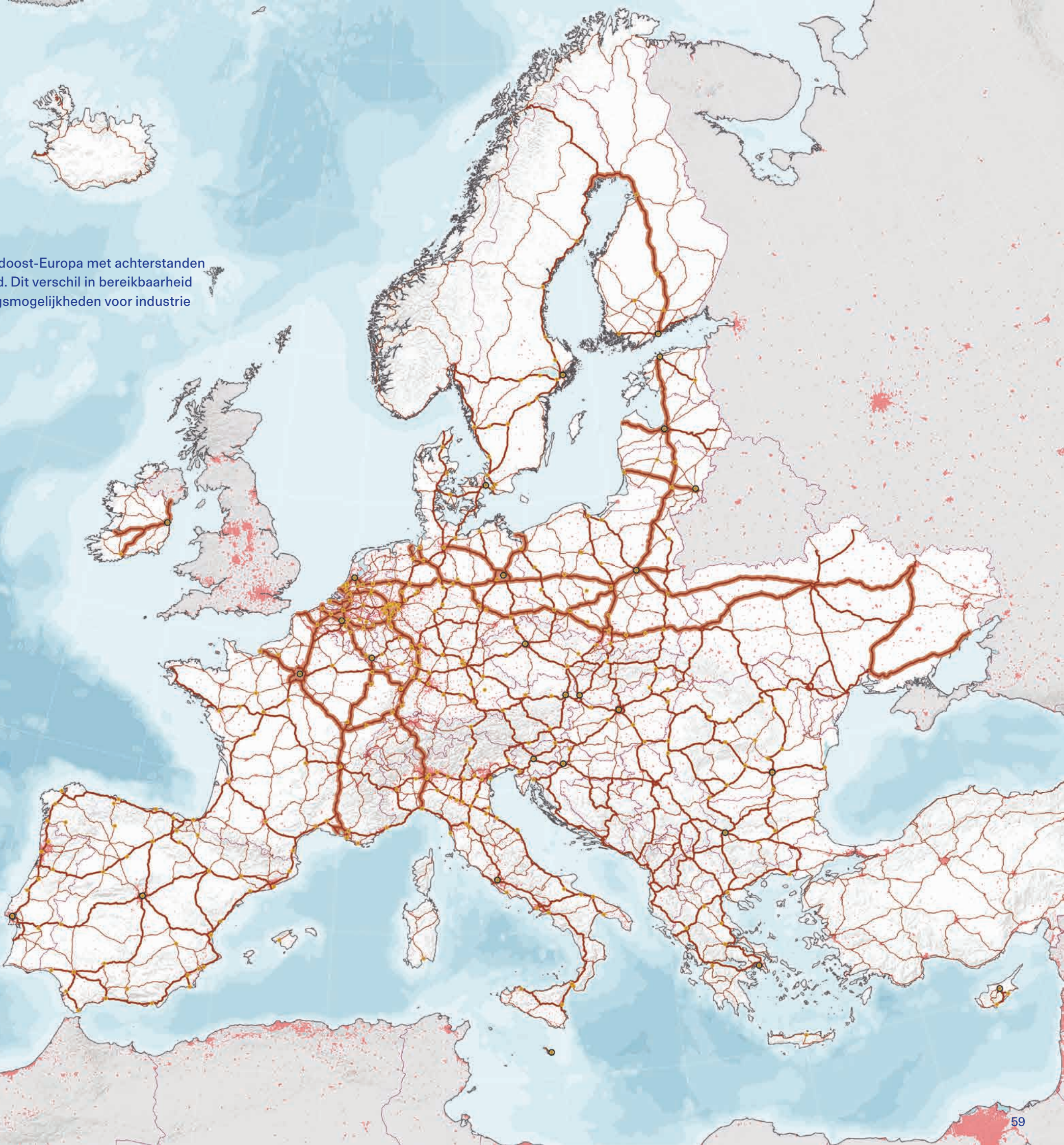
Stedelijke agglomeraties

Wegen (TEN-T, 2024):

Kernnetwerk

Uitgebreid netwerk

Noordzee-Oostzee- en Noordzee-Middellandse Zee-corridors



Logistiek

Spoorwegennetwerk

Het Europese spoornetwerk heeft een lange geschiedenis als transportmiddel voor de industrie. In het tijdperk van kolen en staal vormden spoorlijnen de eerste verbindingen tussen mijnen, fabrieken en havens. Vandaag de dag speelt het goederenvervoer per spoor een wisselende rol in Europa: in sommige landen, met name in Duitsland, Oostenrijk en de Scandinavische landen, wordt een aanzienlijk deel van het goederenvervoer per spoor afgehandeld, terwijl het aandeel in andere landen gering is.

De kaart toont het netwerk van hoofdspoorlijnen en goederencorridors. De door de EU in het kader van het TEN-T-programma aangewezen goederencorridors hebben tot doel het grensoverschrijdende goederenvervoer te verbeteren, maar kampen met knelpunten zoals verschillende spoorbreedtes (met name aan de grenzen met het Iberisch schiereiland en Finland), uiteenlopende seinstelsels en beperkte capaciteit op drukke routes als gevolg van concurrentie met het personenvervoer en nationale prioriteiten.

Voor de industriële transitie is spoorvervoer potentieel van groot belang. Het transport van waterstof en biomassa zou deels per spoor kunnen plaatsvinden, mits de capaciteit en het intermodale netwerk daarvoor worden uitgebreid.

LEGENDA

Knooppunten:

 Spoorwegterminals (TEN-T, 2024)

 Stedelijke agglomeraties

Goederenspoorwegennetwerk (TEN-T, 2024):

 Kernnetwerk

 Uitgebreid netwerk

 Noordzee-Oostzee- en Noordzee-Middellandse Zee-corridors



Logistiek

Pijpleidingen

Pijpleidingen zijn het onzichtbare zenuwstelsel van de Europese energie-intensieve industrie. Ondergronds en over de zeebodem transporteren ze olie, gas, chemische producten en in toenemende mate ook waterstof. De kaart toont het samengestelde leidingennetwerk: olie- en NGL-leidingen, gasleidingen (in bedrijf en in aanleg) en de geplande waterstofleidingen, die deels gebruikmaken van bestaande gasinfrastructuur.

Het beeld onthult de historische opbouw van het systeem. De oudste pijpleidingen volgen de routes van de fossiele brandstofaanvoer: van de Noordzee en Noord-Afrika naar de industriële centra in Noordwest- en Centraal-Europa. Het gasnetwerk is het meest uitgebreide, met een fijnmazig stelsel dat vrijwel alle EU-lidstaten bereikt. Het olienetwerk is geconcentreerder, met grote stamlijnen vanuit de kusten naar de binnenlandse raffinaderijen.

Bijzonder aan pijpleidingen is hun dubbelrol in de transitie. De bestaande gasinfrastructuur wordt onderzocht op geschiktheid voor waterstoftransport.

Waar hergebruik mogelijk is, kan het de kosten en doorlooptijd van de waterstoftransitie aanzienlijk verkorten. De nieuwe waterstofleidingen op de kaart, aangegeven als voorgesteld of in aanleg, volgen dan ook vaak bestaande gascorridors.

Tegelijkertijd worden ook geheel nieuwe leidingen aangelegd: voor CO₂-transport naar opslaglocaties onder de Noordzee en voor de aansluiting van offshore windparken op elektrolysefaciliteiten aan land. Het pijpleidingennetwerk van de toekomst zal er fundamenteel anders uitzien dan dat van vandaag, maar zal deels voortbouwen op de bestaande infrastructuur.

LEGENDA

■

Stedelijke agglomeraties

Leidingennetwerk (*Gas Infrastructure Europe, 2025; H₂ Infra map, 2025*):
Olie- en NGL-leidingen:

In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg

Gasleidingen:

In bedrijf

Voorgesteld/ in aanleg

Nieuwe Waterstofleidingen (Nieuwe waterstofleidingen maken deels gebruik van bestaande gasinfrastructuur.)



BASIS

ENERGIE

LOGISTIEK

GRONDSTOFFEN

INDUSTRIE

Grondstoffen

De transitie naar een klimaatneutrale economie is ook een grondstoffenvraagstuk. De productie van windturbines, batterijen, zonnepanelen en elektrolyzers vereist grote hoeveelheden specifieke mineralen en metalen.

Tegelijkertijd moet de bestaande industrie haar lineaire model van ‘winnen, produceren, gebruiken, weggooien’ ombuigen naar een circulaire aanpak waarin materialen zo lang mogelijk in de keten worden gehouden.

De afhankelijkheid van Europa op dit terrein is groot. Het continent importeert het overgrote deel van de mineralen die het verbruikt. Voor sommige kritieke materialen, zoals zeldzame aardmetalen en grafiet, is de afhankelijkheid van één of twee leverancierslanden (voornamelijk China) vrijwel volledig. De geopolitieke kwetsbaarheid die daaruit voortkomt, staat hoog op de Europese beleidsagenda.

De urgentie van het grondstoffenvraagstuk reikt verder dan de energietransitie. Kritieke grondstoffen zijn onmisbaar voor defensie (zeldzame aarden in geleide systemen, kobalt in vliegtuigmotoren, titanium in pantservoertuigen), voor digitale technologie (halfgeleiders, dataopslag) en voor de gezondheidszorg (medische apparatuur, implantaten). De afhankelijkheid van enkele leveranciers voor deze materialen is een kwetsbaarheid die dwars door alle strategische domeinen snijdt.

Het opbouwen van Europese grondstofcapaciteit is bovendien een kennisvraagstuk. Mijnbouw, raffinage en recycling van complexe materialen vereisen gespecialiseerde kennis die Europa in de afgelopen decennia grotendeels heeft verloren

aan landen waar productie goedkoper was. Het heropbouwen van die kennis, van geologische exploratie tot metallurgische verwerking, kost tijd en gerichte investering. Maar het is een voorwaarde voor daadwerkelijke strategische autonomie. Zonder eigen verwerkingscapaciteit blijft Europa afhankelijk, ook als de grondstoffen in de Europese bodem zitten.

De EU heeft met de Critical Raw Materials Act (CRMA) een kader geschapen om deze kwetsbaarheid te adresseren. De wet stelt concrete doelen: in 2030 moet ten minste

- 10% van het Europese verbruik van strategische grondstoffen uit eigen winning komen,
- 25% uit recycling, en
- mag niet meer dan 65% van de import uit één land afkomstig zijn.

Deze doelen zijn ambitieus. De geologische rijkdommen van het continent zijn substantieel, maar worden slechts beperkt benut. Dat komt deels door hoge productiekosten, deels door milieuregulering, en deels door maatschappelijke weerstand tegen nieuwe mijnbouwactiviteiten in dichtbevolkte regio's. De doorlooptijd van mijnbouwprojecten, van exploratie tot productie doorgaans tien tot vijftien jaar, maakt duidelijk dat de CRMA-doelen voor 2030 buitengewoon ambitieus zijn.

De circulaire route biedt een aanvullend perspectief. Europa beschikt over enorme voorraden ‘boven de grond’: in gebouwen, infrastructuur, apparaten, voertuigen en afvalstromen zijn grote hoeveelheden metalen en mineralen opgeslagen.

De uitdaging is om deze materialen op

industriële schaal terug te winnen en als volwaardige grondstof in te zetten. Dat vereist investeringen in sorteer-, scheidings- en recyclingtechnologie, en een logistiek systeem dat afvalstromen efficiënt verzamelt en naar verwerkingslocaties transporteert.

De kaarten in dit deel brengen beide routes in beeld: de primaire winning uit de Europese bodem en de secundaire winning uit afval en stedelijke mijnen. Samen vormen ze het ruimtelijke fundament van de circulaire ambitie.

Grondstoffen

Mijnen

Mijnbouw heeft een lange en ingrijpende geschiedenis in Europa. Van de tinmijnen in Cornwall tot de kopergroeven in Zweden, van de steenkolenbekkens in Silezië tot de bauxietwinning in Griekenland: de winning van minerale grondstoffen heeft het Europese landschap en de industriële geografie mede gevormd. Vandaag de dag is de actieve mijnbouwsector in de EU bescheiden vergeleken met andere werelddelen.

De kaart toont de locaties van actieve mijnen in Europa. Opvallende concentraties bevinden zich in Scandinavië (ijzererts, koper, zink), op het Iberisch Schiereiland (koper, tin, lithium), in Griekenland (bauxiet, nikkel), in Oost-Europa (koper, zilver, kolen) en in de Balkanlanden. De hernieuwde interesse in Europese mijnbouw gedreven door strategische autonomie en de stijgende vraag naar transitimineralen plaatst deze locaties opnieuw in de schijnwerpers, maar roept ook vragen op over milieu-impact, ruimtelijk beslag en maatschappelijk draagvlak.

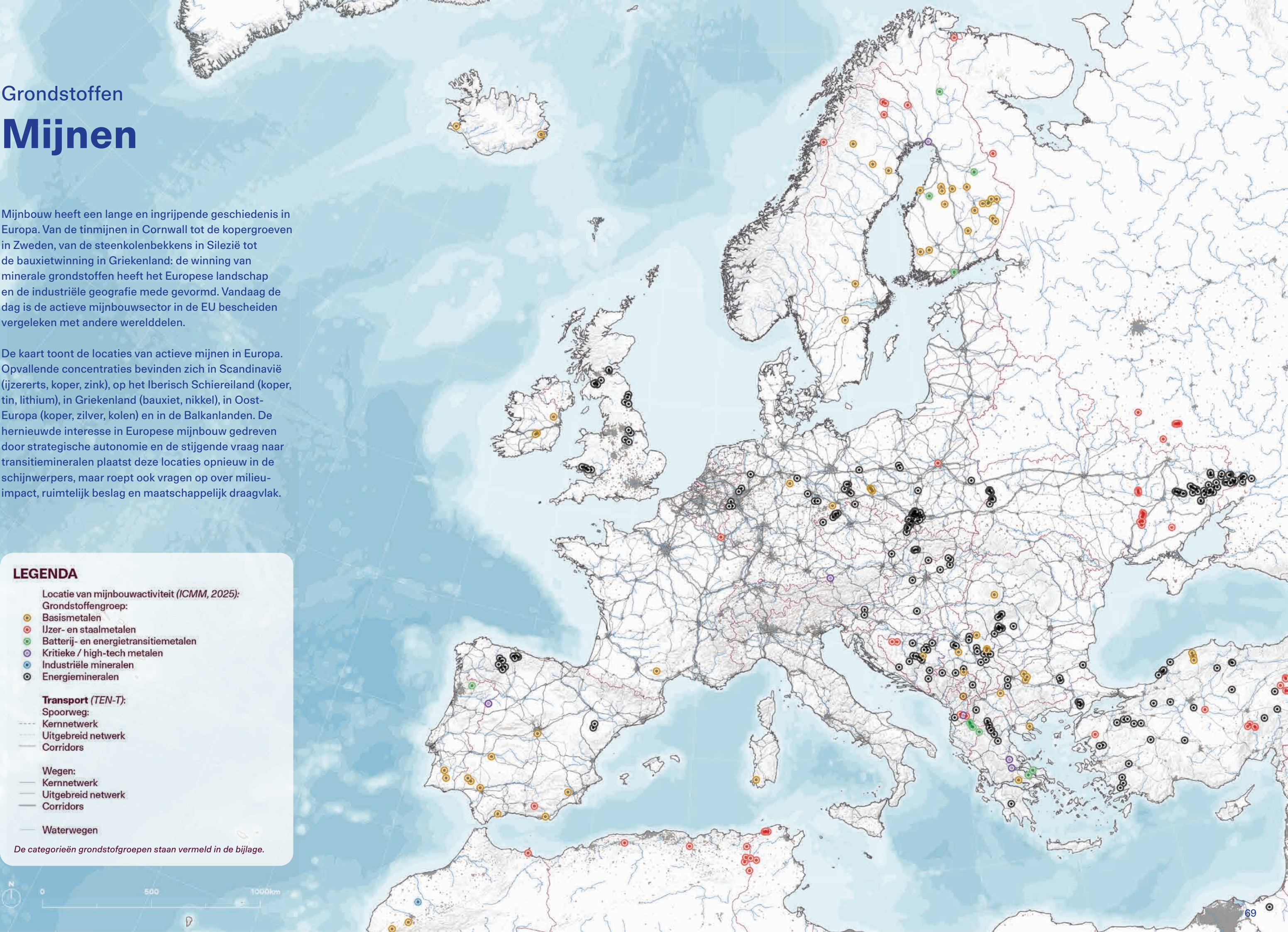
LEGENDA

- Locatie van mijnbouwactiviteit (ICMM, 2025):
- Grondstoffengroep:
- Basismetalen
 - IJzer- en staalmetalen
 - Batterij- en energietransitiemetalen
 - Kritieke / high-tech metalen
 - Industriële mineralen
 - Energiemineralen

- Transport (TEN-T):
- Spoorweg:
- Kernnetwerk
 - Uitgebreid netwerk
 - Corridors

- Wegen:
- Kernnetwerk
 - Uitgebreid netwerk
 - Corridors
- Waterwegen

De categorieën grondstofgroepen staan vermeld in de bijlage.



Grondstoffen

Potentieel aan kritieke grondstoffen

De EU heeft een lijst vastgesteld van kritieke grondstoffen die essentieel zijn voor de Europese economie en waarvoor de leveringszekerheid onder druk staat. Het gaat onder meer om lithium, kobalt, zeldzame aardmetalen, gallium, germanium en grafiet — materialen die onmisbaar zijn voor hightechproductie, defensie en de energietransitie.

De kaart toont waar in de Europese bodem voorraden van deze mineralen zijn geïdentificeerd. Finland, Zweden, Portugal, Spanje en Griekenland beschikken over significante bekende voorraden. Daarnaast zijn er aanwijzingen voor potentieel in Frankrijk, Duitsland, Tsjechië en de Balkanlanden. Het verschil tussen een

geologisch voorkomen en een economisch winbare voorraad is echter groot. Het duurt doorgaans tien tot vijftien jaar van exploratie tot de eerste productie, en de maatschappelijke acceptatie van nieuwe mijnbouwactiviteiten is in veel Europese landen laag.

De EU-wet inzake kritieke grondstoffen (CRMA) stelt als doel dat tegen 2030 ten minste 10% van het jaarlijkse verbruik van strategische grondstoffen in de Europese Unie uit eigen winning afkomstig is.

LEGENDA

Locatie van kritieke grondstofvoorraad (EGDI, 2024):

- In bedrijf
- Potentieel

Grondstoffengroep:

- Batterijmaterialen
- Zeldzame aardmetalen en magneetmetalen
- Halfgeleider- en technologiemetalen
- Refractaire / hittebestendige metalen
- Industriële mineralen
- Strategische metalen
- Platinagroepmetalen
- Energiemateriaal
- Aluminium grondstoffen
- Overige grondstoffen

Grootte van de afzetting:
Grondstofreserves van het mineraal (Mt)

Transport (TEN-T):

Spoorweg:

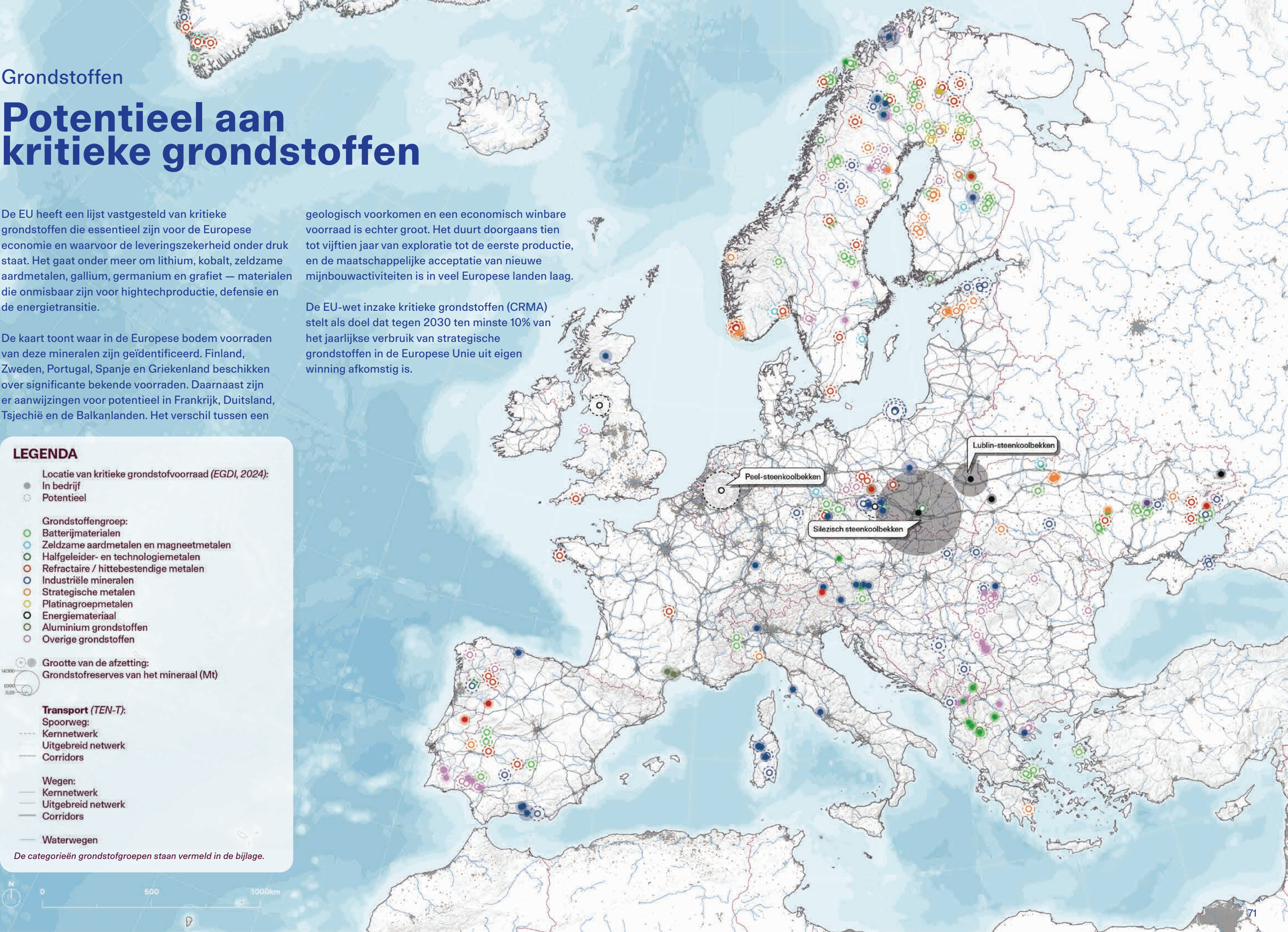
- Kernnetwerk
- Uitgebreid netwerk
- Corridors

Wegen:

- Kernnetwerk
- Uitgebreid netwerk
- Corridors

Waterwegen

De categorieën grondstofgroepen staan vermeld in de bijlage.



Grondstoffen

Stortplaatsen

Europa herbergt duizenden stortplaatsen (actief en gesloten) die samen een reusachtige voorraad aan materialen bevatten. Onder de noemer ‘urban mining’ of ‘landfill mining’ wordt onderzocht of het technisch en economisch haalbaar is om waardevolle grondstoffen uit deze stortplaatsen terug te winnen. Het gaat onder meer om metalen, zeldzame aardmetalen in elektronisch afval, en fosfor in organisch materiaal.

De kaart toont de verspreiding van stortplaatsen over Europa. Dit omvat niet alle stortplaatsen, maar alleen die welke CO₂ en methaan uitstoten en worden geregistreerd in het kader van het ‘European Pollutant Release Transfer Register’. De dichtheid is het hoogst in Noordwest-Europa, het Ruhrgebied, de Britse Midlands, en het Donaubekken. In veel Oost-Europese landen worden stortplaatsen nog actief gebruikt, terwijl West-Europa grotendeels is overgestapt op verbranding en recycling. De ‘stedelijke mijn’ is een nog grotendeels onontgonnen bron van secundaire grondstoffen die in een circulaire economie aan belang zal winnen.

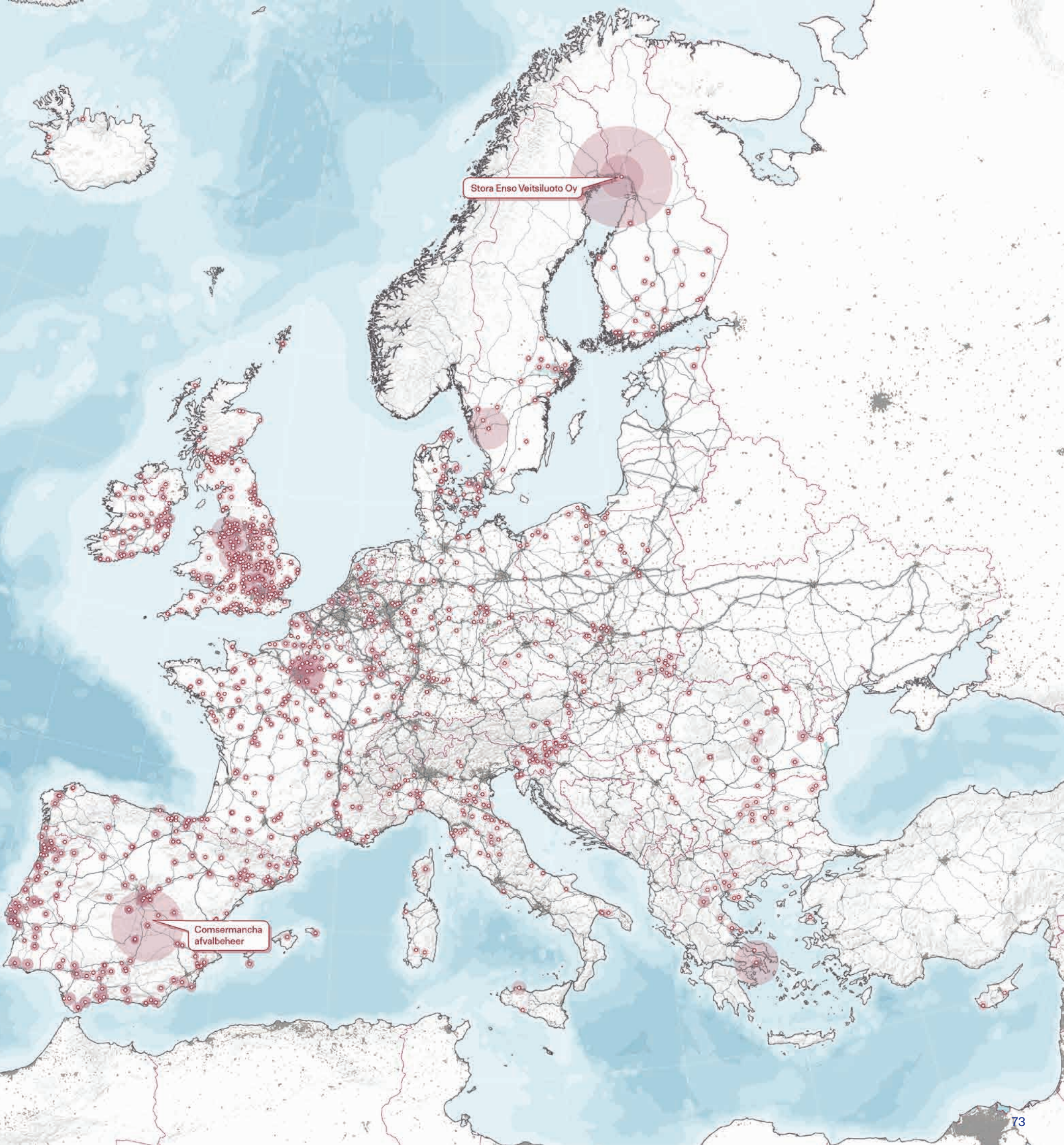
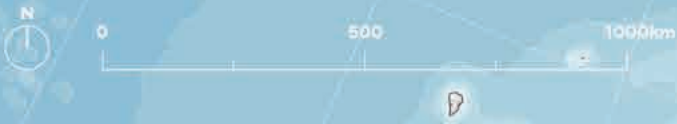
LEGENDA

Locatie van stortplaats (EU ETS, 2023):

Grootte van de CO₂-emissies (EU ETS, 2023):
Emissies (ktpa)

Transport (TEN-T):
Spoorweg:
Kernnetwerk
Uitgebreid netwerk
Corridors

Wegen:
Kernnetwerk
Uitgebreid netwerk
Corridors



Grondstoffen

Afvalverwerking en recycling

De manier waarop Europa omgaat met afval verschilt sterk per regio. Noordwest-Europese landen als Nederland, Duitsland, Denemarken en Zweden hebben de meest geavanceerde afvalverwerkingssystemen, met hoge percentages recycling en energierugwinning uit restafval. In Oost- en Zuidoost-Europa wordt een groter aandeel van het afval nog gestort.

De kaart brengt de verwerkingscapaciteit in beeld. Voor de circulaire industrie is het recyclingnetwerk van bijzonder belang. De locatie en capaciteit van scheidingsinstallaties en mechanische en chemische recyclingfabrieken bepalen in welke mate secundaire grondstoffen beschikbaar zijn als input voor de industrie.

De Europese Critical Raw Materials Act stelt als doel dat in 2030 ten minste 25% van het jaarlijkse verbruik van strategische grondstoffen in de EU afkomstig moet zijn uit eigen recycling. De ambitie van de EU om recycling tot een volwaardige grondstoffenbron te maken, vereist forse investeringen in verwerkingscapaciteit en roept de vraag op waar die capaciteit het best kan worden geconcentreerd.

LEGENDA

○ Locatie van afvalwerking (EU ETS, 2023):

● Grootte van de CO₂-emissies (EU ETS, 2023):
Emissies (ktpa)

Transport (TEN-T):
Spoorweg:
--- Kernnetwerk
--- Uitgebreid netwerk
— Corridors

Wegen:
— Kernnetwerk
— Uitgebreid netwerk
— Corridors

0 500 1000km

EniPower SpA
Cogeneratiecentrale

BASIS

ENERGIE

LOGISTIEK

GRONDSTOFFEN

INDUSTRIE

Industrie

De energie-intensieve industrie vormt het hart van deze atlas. Chemie, staal, non-ferrometalen en cement zijn de sectoren die het meest afhankelijk zijn van grote hoeveelheden energie en grondstoffen, die de hoogste emissies produceren, en die tegelijk de basisproducten leveren waarop de rest van de economie draait.

De basisindustrie levert niet alleen bouwstenen voor de civiele economie, maar is ook een fundament van de Europese defensiecapaciteit en strategische autonomie. De basischemie, staalproductie, non-ferrometalen en geavanceerde materialen vormen samen de industriële basis waarop de Europese defensiecapaciteit rust. De recente geopolitieke verschuivingen hebben de afhankelijkheid van deze productiecapaciteit opnieuw op de agenda gezet. Een continent dat zijn basisindustrie verliest, verliest uiteindelijk ook het vermogen om zichzelf te verdedigen en de transitie met eigen middelen vorm te geven.

Deze sectoren worden in het Europese klimaatbeleid aangeduid als ‘hard to abate’ (moeilijk te verduurzamen). Dat komt niet alleen door de hoeveelheid energie die ze verbruiken, maar ook door de aard van hun processen.

In de staalproductie is koolstof chemisch nodig als reductiemiddel. In de cementproductie komt CO₂ vrij uit het kalksteenproces zelf, ongeacht de energiebron. In de chemie zijn fossiele grondstoffen de bouwstenen van de producten. In de non-ferrometalenindustrie zijn de smeltprocessen zo energie-intensief dat de prijs van elektriciteit de voornaamste vestigingsfactor is.

De Europese basisindustrie is georganiseerd in grote, onderling verweven clusters. Het ARRA-cluster (Antwerpen-Rotterdam-Rijn/Ruhr Area) is het grootste industriële complex van het continent. Hier zijn petrochemie, basischemie, raffinaderijen, staalfabrieken en logistieke dienstverleners via pijpleidingen, spoor en binnenvaart tot een geïntegreerd systeem verbonden. Vergelijkbare, kleinere clusters bevinden zich rond Marseille-Fos, in de Povlakte, langs de Spaanse kust en in het Oost-Duitse chemiegebied.

De kracht van deze clusters, hun onderlinge integratie, is tegelijk hun kwetsbaarheid. Wanneer één schakel verdwijnt, verzwakt het hele systeem. De afgelopen jaren hebben stijgende energieprijzen, strengere milieueisen en concurrentie uit het buitenland geleid tot sluiting of inkrimping van productiecapaciteit in Europa. BASF kondigde aan te investeren in een nieuw complex in China. Ammoniakfabrieken in Noordwest-Europa werden tijdelijk stilgelegd. Aluminiumproductie verplaatste zich naar regio's met goedkopere energie. Elk van deze beslissingen verzwakt het ecosysteem dat de achterblijvende bedrijven nodig hebben om te functioneren.

De transitie van één sector raakt daarmee altijd andere sectoren. De sluiting van kolencentrales vermindert de beschikbaarheid van vliegase voor cement. De overschakeling van staal op waterstof elimineert de hoogovenslak die nu als alternatief bindmiddel dient.

De verduurzaming van deze sectoren vereist daarom niet alleen schone energie, maar ook nieuwe procesroutes, andere grondstoffen en fundamenteel andere ketens. De ruimtelijke implicaties zijn groot.

Nieuwe installaties voor waterstofgebaseerde staalproductie stellen andere locatie-eisen dan klassieke hoogovencomplexen. Een circulaire chemische industrie die draait op gerecyclede kunststoffen ziet er ruimtelijk anders uit dan een raffinage die ruwe olie verwerkt.

Het Europese Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) speelt hierbij een cruciale rol. CBAM heft een CO₂-prijs op geïmporteerde producten die vergelijkbaar is met de prijs die Europese producenten betalen onder het ETS. Het doel is om ‘carbon leakage’ te voorkomen, de verplaatsing van productie naar landen met minder streng klimaatbeleid. Voor de ruimtelijke organisatie van de Europese industrie betekent CBAM dat de transitie niet automatisch leidt tot verlies van productie aan landen buiten de EU, mits de concurrentievoorwaarden effectief worden gehandhaafd.

De kaarten in dit deel tonen waar de vier grote energie-intensieve sectoren zich in Europa bevinden. Ze laten zien hoe deze sectoren clusteren rond havens en transportknooppunten, en maken de ruimtelijke verwevenheid zichtbaar tussen industrie, energie en logistiek.

Industrie

Chemie

De chemische industrie is een van de grootste en meest complexe industriële sectoren van Europa. De sector produceert een breed scala aan producten, variërend van basischemicaliën zoals ethyleen en propyleen tot geneesmiddelen en speciale polymeren. Europa heeft een sterke positie in de gehele chemische toeleveringsketen, van basischemicaliën tot halffabricaten en eindproducten.

De kaart toont de concentratie van de Europese chemie in een beperkt aantal grote clusters. Het zwaartepunt ligt in de driehoek Antwerpen-Rotterdam-Ruhrgebied (ARRA-cluster), met het Antwerpse havengebied en Ludwigshafen als de grootste productieterreinen van het continent. Daarnaast bevinden zich belangrijke clusters in Oost-Duitsland (Leuna, Bitterfeld), rond Lyon en Marseille, op de Iberische en Italiaanse kust, en in Denemarken.

De clustering van de chemie is geen toeval. Stoomkrakers en hun afnemers zijn via pijpleidingen

met elkaar verbonden in geïntegreerde complexen. Het verplaatsen van een enkel onderdeel van de keten is daardoor uiterst kostbaar. Dit maakt de chemie tot een van de meest ‘plaatsvaste’ sectoren — en de transitie tot een opgave die alleen kan slagen als de hele keten in samenhang wordt aangepakt.

De stijgende energiekosten en strengere milieueisen hebben echter de relatieve concurrentiepositie van Europa op het gebied van de productie van basis- en commoditychemicaliën onder druk gezet.

De transitie van de chemische sector kent meerdere paden, waaronder biobased alternatieve grondstoffen, aangevuld met waterstof en het gebruik van afval als grondstof in circulaire processen. Er bestaan ook anorganische alternatieven. Elk pad vereist andere randvoorwaarden

LEGENDA

Chemische fabrieken (EU ETS, 2023; GEM, 2025):

Type chemische productie:

- Basischemicaliën (petrochemie) – ethyleen, propyleen
- Basische anorganische chemicaliën – chloor, waterstof, soda
- Kunstmestchemicaliën – ammoniak, ureum
- Speciale chemicaliën – polymeren, synthetische materialen

Grootte van de emissies:
Emissies (ktpa)

Transport (TEN-T):

Spoorweg:

- Kernnetwerk
- Uitgebreid netwerk
- Corridors

Wegen:

- Kernnetwerk
- Uitgebreid netwerk
- Corridors

— Waterwegen

Industrie

IJzer en staal

De Europese staalindustrie is een sector met een diep historisch wortelstelsel en een onzekere toekomst. De productie van staal via de klassieke hoogovenroute, waarbij ijzererts met cokes wordt gereduceerd concentreert zich op een beperkt aantal locaties. De kustlocaties waar erts per schip wordt aangevoerd (IJmuiden, Duinkerken, Gent, Taranto, Fos-sur-Mer) en de binnenlandse locaties die historisch verbonden zijn met kolenbekkens (Ruhrgebied, Silezië, Luik).

Daarnaast kent Europa een aanzienlijke productie in elektrische hoogovens (EAF), die staal maken uit schroot. Deze route is minder energie-intensief en kan op meer locaties worden ingezet dan de klassieke hoogovenroute, omdat schroot als grondstof breder beschikbaar is

dan ijzererts en cokes. Schrootstaalproductie bevindt zich dan ook verspreid over het continent, met sterke concentraties in Italië en Spanje.

De transitie van de staalsector richt zich op de vervanging van het hoogovenproces door directe reductie met waterstof (DRI). Op langere termijn werkt de transitie toe naar een meer circulair staalsysteem waarin schroot de dominante grondstof wordt en de behoefte aan primaire productie afneemt.

LEGENDA

Grondstoffenwinning (GEM, 2025):

- IJzerertsminnen
- Kolenminnen

Bulklogistiek (GEM, 2025):

- Kolenterminals:
- Import
- Export

IJzer- en staalproductie:

- IJzer- en staalfabrieken (GEM, 2025):
- Productieroute:
 - BF-BOF (hoogoven – basiszuurstofoven)
 - DRI-EAF (direct gereduceerd ijzer – elektrische vlamboogoven)
 - EAF (elektrische vlamboogoven, schroot)

Transport (TEN-T):

- Spoorweg:
- Kernnetwerk
- Uitgebreid netwerk
- Corridors
- Waterwegen

Capaciteit (Mtpa)

Capaciteit (Ttpa)

83

Industrie

Non-ferrometaal

De non-ferrometalenindustrie omvat de productie van aluminium, koper, zink, lood, nikkel en een reeks andere metalen. Het zijn materialen die onmisbaar zijn voor de energietransitie en de hightechindustrie.

De primaire productie van non-ferrometalen, winning uit erts, is in Europa relatief beperkt. De aluminiumsmelterij bevindt zich grotendeels in landen met goedkope energie (IJsland, Noorwegen en Frankrijk). In Frankrijk staan aluminiumsmelterijen in de nabijheid van kerncentrales in Duinkerke en Saint-Jean-de-Maurienne. Koper- en zinksmelterijen bevinden zich in Scandinavië, België en Duitsland. Europa is wel een grote producent van secundaire non-ferrometalen: de recycling van koper, aluminium en andere metalen uit schroot en elektronisch afval vormt een significante sector.

De kaart toont de locaties van primaire smelterijen en verwerkingsinstallaties. De toekomst van de sector in Europa hangt af van de beschikbaarheid en prijs van schone energie, de toegang tot erts en schroot, en het vermogen om de gehele keten op Europees niveau te organiseren.

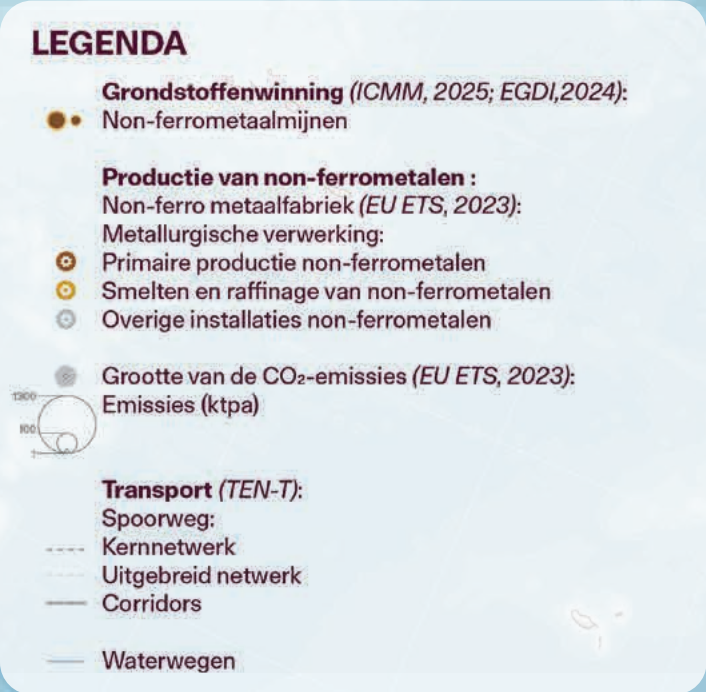
LEGENDA

Grondstoffenwinning (ICMM, 2025; EGD, 2024):
Non-ferrometaalmijnen

Productie van non-ferrometalen :
Non-ferro metaalfabriek (EU ETS, 2023):
Metallurgische verwerking:
Primaire productie non-ferrometalen
Smelten en raffinage van non-ferrometalen
Overige installaties non-ferrometalen

Grootte van de CO₂-emissies (EU ETS, 2023):
Emissies (ktpa)

Transport (TEN-T):
Spoorweg:
Kernnetwerk
Uitgebreid netwerk
Corridors
Waterwegen



Arconic-Köfém Mill
Products Hungary Kft.
(Aluminium wals- en
gietproducten)

Industrie

Cement en beton

Cement is een van de meest geproduceerde materialen ter wereld en een essentieel bouw materiaal voor de Europese economie. De productie ervan gaat echter gepaard met bijzonder hoge emissies. Ongeveer tweederde van de CO₂-uitstoot is niet afkomstig van de verbranding van brandstoffen, maar van het calcineren van kalksteen, een chemisch proces waarbij onvermijdelijk CO₂ vrijkomt.

De kaart toont een wijdverspreid patroon van cementfabrieken in heel Europa. In tegenstelling tot de chemische en staalindustrie, die sterk geclusterd zijn, is de cementindustrie meer gedecentraliseerd. Dit komt doordat cement een relatief goedkoop product is met hoge transportkosten. Het is kosteneffectiever om dicht bij de markt te produceren dan het over lange afstanden te vervoeren. De nabijheid van kalksteengroeven is een tweede locatiefactor.

De transitie naar duurzaamheid in de cementsector verloopt via twee paden: het gedeeltelijk vervangen van klinker door alternatieve bindmiddelen (vliegas, hoogovenslak, gecalcineerde klei) en het afvangen,

opslaan of hergebruiken van CO₂ (CCU/S). Beide benaderingen hebben ruimtelijke implicaties. De beschikbaarheid van alternatieve bindmiddelen hangt samen met de nabijheid van andere industrieën (staal, energiecentrales), terwijl CO₂-opslag afhankelijk is van geschikte geologische formaties en vervoersinfrastructuur.

LEGENDA

●

 Locatie van cement- en betonfabrieken (GEM, 2025):
● In bedrijf
○ Voorgesteld/ in aanleg

●

 Productiecapaciteit:
Capaciteit (Mtpa)

Transport (TEN-T):
Spoorweg:
--- Kernnetwerk
--- Uitgebreid netwerk
— Corridors

Wegen:
— Kernnetwerk
— Uitgebreid netwerk
— Corridors



Bijlage

Grondstoffengroepen — Mijnen

Grondstoffengroep	Grondstoffen	Notities
Basismetalen	Copper, Lead, Zinc, Tin	Core industrial metals used in construction, electrical systems, alloys, and manufacturing supply chains.
IJzer- en staalmetalen	Iron, Chromium, Manganese, Nickel	Metals primarily used in steel production and metallurgical processes. Backbone of heavy industry and infrastructure production.
Batterij- en energietransitiemetalen	Lithium, Cobalt, Graphite, Vanadium, Rare Earth Elements, Niobium, Tantalum	Critical for renewable energy technologies, battery manufacturing, electric vehicles, and advanced electronics.
Kritieke / high-tech metalen	Tungsten, Molybdenum, Antimony, Selenium	Strategic metals with specialized industrial applications. Frequently classified as critical raw materials in EU and global policy frameworks.
Kritieke / high-tech metalen	Phosphate, Potash, Fluorspar, Silica, Salt, Boron, Barium, Strontium	Non-metallic minerals used in chemical industries, fertilizers, ceramics, glass production, and industrial processes.
Energiemineralen	Coal, Uranium	Minerals used directly for energy generation and nuclear fuel production.

De grondstoffenclassificaties in deze tabellen zijn opgesteld ten behoeve van de cartografische leesbaarheid. De grote verscheidenheid aan mineralen en metalen die op de bronnen voorkomen is teruggebracht tot een beperkt aantal functionele groepen, geordend naar hun voornaamste toepassingsgebied. Deze indeling is indicatief: sommige grondstoffen komen in meerdere categorieën voor en de grenzen tussen groepen zijn niet altijd scherp. De classificatie is tot stand gekomen met behulp van een AI-taalmodel en vervolgens handmatig gecontroleerd en aangepast.

Grondstoffengroepen — Potentieel aan kritieke grondstoffen

Grondstoffengroep	Kritieke grondstoffen	Notities
Batterijmaterialen	Li2O, Co (metal), Ni (metal), Graphite, Mn (metal)	Key materials used in lithium-ion batteries and energy storage technologies. Essential for electric vehicles and renewable energy systems.
Zeldzame aardmetalen en magneetmetalen	RE2O3, Sc (metal)	Used in high-performance permanent magnets for wind turbines, electric motors, and advanced electronics.
Halfgeleider- en technologiemetalen	Ga (metal), Ge (metal), Hf (metal), BeO	Materials used in semiconductor devices, fiber optics, microelectronics, and high-temperature electronics.
Refractaire / hittebestendige metalen	Nb2O5, Ta2O5, WO3, V (metal)	Metals used in high-temperature alloys, aerospace components, superalloys, and specialized industrial applications.
Industriële mineralen	P2O5, BaSO4, SrSO4, CaF2, MgCO3, Feldspar, B2O3	Minerals used in fertilizers, ceramics, glass production, chemical processing, and industrial manufacturing.
Strategische metalen	Sb (metal), Bi (metal), Mg (metal), TiO2, TiO2 (ilmenite), TiO2 (rutile)	Materials with specialized industrial uses including metallurgy, pigments, flame retardants, and advanced materials.
Platinagroepmetalen (PGM)	PGM	Precious catalytic metals used in fuel cells, catalytic converters, and hydrogen technologies.
Energiemateriaal	Coking coal	Metallurgical coal used in steelmaking and energy-intensive industrial processes.
Aluminium grondstoffen	Al2O3	Aluminium oxide used as the primary feedstock for aluminium production.

PosadMaxwan **GENERATION**
.ENERGY