



Vlaanderen
is omgeving



D1 Energie- en klimaatuitdagingen en het gebruik van de diepe ondergrond

 **Deelrapport 1**

**DEPARTEMENT
OMGEVING**

omgevingvlaanderen.be

D1. Energie -en klimaatuitdagingen en het gebruik van de diepe ondergrond

Dit rapport schetst hoe het gebruik van de Vlaamse diepe ondergrond zou kunnen passen binnen de huidige socio-economische ontwikkelingen en uitdagingen. In Hoofdstuk 2 worden de maatschappelijke uitdagingen met betrekking tot klimaat, energie en duurzaam materialenbeheer geschetst. Hoofdstuk 3 licht vervolgens toe hoe het Europese, nationale, en Vlaamse beleid zich momenteel ontwikkelen om aan deze uitdagingen het hoofd te bieden en de transitie naar een rechtvaardige, koolstofarme en circulaire economie verder te zetten. Hoofdstuk 4 gaat dieper in op deze socio-economische ontwikkelingen en legt uit hoe verschillende economische sectoren en bedrijven zich positioneren en in welke mate technologische ontwikkelingen en nieuwe bedrijfsmodellen relevant zijn voor het gebruik van de diepe ondergrond. In Hoofdstuk 5 wordt een eerste aanzet gegeven naar mogelijke ontwikkelingsscenario's voor het gebruik van de diepe ondergrond. De verdere uitwerking van de scenario's en bepaling van de impacts zal gebeuren in het verdere verloop van deze overheidsopdracht.

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 15 bus 553, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs

Tine Compennolle – UAntwerpen | FBE & KBIN | Belgische Geologische Dienst
Kris Welkenhuysen – KBIN | Belgische Geologische Dienst
Kris Piessens – KBIN | Belgische Geologische Dienst
Anne Bergmans – UAntwerpen | FSW

Publicatiedatum

2 juni 2025

Depotnummer

D/2025/3241/122

ISBN nummer

9789040304781

Wijze van citeren

Compennolle, T., Welkenhuysen, K., Bergmans, A., Piessens, K. (2025). D1. Energie- en klimaatuitdagingen en het gebruik van de diepe ondergrond. In, *Maatschappelijke impact van het gebruik en beheer van de Vlaamse diepe ondergrond*. Departement Omgeving. Vlaams Planbureau voor Omgeving.

PARTNERS



**Universiteit
Antwerpen**

MANAGEMENTSAMENVATTING

Problematieken aangaande het klimaat, energie en duurzaam materialenbeheer

Klimaat, energie, en materiaalgebruik zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Het gebruik van fossiele energiebronnen leidt tot klimaatverandering. Om een transitie te maken naar een koolstofarme maatschappij is het belangrijk dat er ingezet wordt op een daling van de energievraag en de productie van hernieuwbare elektriciteit en warmte, door alle economische sectoren, overheden, en consumenten en binnen alle segmenten van de waardeketen (ontwerp, grondstoffenontginning, productie, logistiek, distributie, gebruik, levenseinde). Bovendien is de manier waarop we omgaan met materialen bepalend voor de energievraag. Minstens de helft van de totale uitstoot van broeikasgassen kan gelinkt worden aan materiaal gerelateerde processen. Daarom is het belangrijk dat binnen een koolstofarme maatschappij niet alleen de vraag naar energie, maar ook de vraag naar materialen beperkt wordt.

Bijkomend hebben de grote schommelingen in de prijs van energie en materialen als gevolg van COVID-19 en de oorlog in Oekraïne recent nog eens het belang aangetoond om minder afhankelijk te zijn van buitenlandse productie. De toepassing van circulaire strategieën die materialen zo lang mogelijk in de kringloop houden en die leiden tot een vermindering in het verbruik van materialen, kan een transitie naar een koolstofarme maatschappij ondersteunen. De transitie naar een koolstofarme en circulaire economie zal echter niet gerealiseerd worden als er enkel gesteund wordt op technologische oplossingen. Het is belangrijk waakzaam te zijn voor reboundeffecten waarbij energie- (en kosten-)besparingen leiden tot een verhoogde consumptie. Daarom zullen ook gedragsveranderingen bepalend zijn om de omslag te maken.

De klimaatproblematiek en de transitie naar een koolstofarme en circulaire economie hebben niet alleen impact op productie- en consumptiepatronen maar beïnvloeden ook het sociale weefsel. Zonder maatregelen zal de opwarming van de aarde bestaande sociale ongelijkheden verder versterken. Bovendien draagt niet enkel de mens de gevolgen van de klimaatverandering, maar worden ook bestaande ecosystemen aangetast. Bij de transitie naar een koolstofarme en circulaire economie is het belangrijk waakzaam te zijn voor ongewenste neveneffecten en in te zetten op het behoud van zowel het menselijk als het natuurlijk kapitaal.

De diepe ondergrond

Hoewel de diepe ondergrond vaak buiten beeld blijft, speelt dit deel van onze natuurlijke omgeving een rol bij maatschappelijke ontwikkelingen. Als essentieel onderdeel in de waardeketen voor energie en grondstoffen is de diepe ondergrond verweven met de oorzaken en gevolgen van de klimaat-, energie- en grondstoffenproblematiek, zoals de onttrekking van fossiele brandstoffen, seizoenale opslag van aardgas, extractie van minerale grondstoffen of net het onderbenutten van zijn potentieel. De diepe ondergrond biedt echter ook oplossingen voor een transitie naar een duurzame, koolstofarme en circulaire toekomst. Diepe geothermie biedt een koolstofarme bron van energie, onevenwicht in vraag en aanbod van (hernieuwbare) energiebronnen kunnen gebufferd worden onder de vorm van ondergrondse warmteopslag of onder de vorm van waterstof in ondergrondse opslagsites, en CO₂ kan permanent opgeslagen worden in diepe reservoirs. Kritieke grondstoffen, veelal noodzakelijk voor duurzamere technologieën, kunnen ook uit de diepe ondergrond gewonnen worden.

Beleidsontwikkelingen voor een transitie naar een rechtvaardige, koolstofarme en circulaire economie

Ook het gebruik van de diepe ondergrond speelt een rol voor het behalen van deze doelen. Europese beleidsmaatregelen richten zich op de ontwikkeling van Carbon Capture and Storage (CCS), de ontwikkeling van een waterstofeconomie waarbij de ondergrond gebruikt kan worden voor tijdelijke opslag, en de ontwikkeling van diepe geothermie voor de productie van hernieuwbare warmte en elektriciteit. Vlaanderen richt zich wat betreft CCS op de ondersteuning van de ontwikkeling van CCS-netwerken en het oprichten van internationale samenwerkingen voor opslag van CO₂ in het Noordzeebekken. Wat betreft diepe geothermie streeft Vlaanderen naar een groene warmteproductie van 99 GWh tegen 2030, met een tussendoelstelling van 24 GWh in 2023. Ter ondersteuning voorziet Vlaanderen in een waarborgregeling en is er de mogelijkheid tot toekenning van financiële steun voor nuttige groene warmte installaties via de Call Groene Warmte.

pagina 5 van 52

bergen van radioactief afval betreft op dit moment een noodzakelijke laatste stap in een productieproces dat als eindig wordt gezien. Waar men in Nederland vandaag volop inzet op herinvestering in kernenergie, lijkt dat in België en Vlaanderen nog niet meteen aan de orde, maar bij verandering in beleid, kan daarmee ook de noodzaak aan bijkomende ondergrondse bergingsruimte voor radioactief afval zich stellen.

Socio-economische ontwikkelingen voor een transitie naar een rechtvaardige, koolstofarme en circulaire economie

Binnen deze beleidskaders ontstaan er internationale clusters en netwerken van bedrijven die onderzoeken hoe ze de nodige technologieën en processen kunnen ontwikkelen voor de creatie van duurzame waardeketens voor CCS en waterstof. Zo is Fluxys nv als beheerder van de ondergrondse gasopslagplaats in Loenhout partner in verschillende onderzoeksprojecten omtrent het transport van CO₂ en waterstof, alsook de ondergrondse opslag van waterstof. De productie van diepe geothermie is daarentegen een meer lokale aangelegenheid. In Vlaanderen is er meer en meer interesse van zowel individuele bedrijven als steden en gemeenten in diepe geothermie voor de productie van groene warmte. Bovendien wordt er onderzocht of de coproductie van lithium economisch haalbaar is en in welke mate dit kan bijdragen aan een duurzaam beheer van grondstoffen. Op technologisch vlak is er wel een internationale link. Geothermische productieschema's die minder afhankelijk zijn van de lokale geologische context of potentieel een efficiëntiewinst of kostenreductie beogen, kunnen de ontwikkeling van geothermie in Vlaanderen positief beïnvloeden of zelfs als demonstratieprojecten uitgevoerd worden. In combinatie met diepgaande renovaties, de aanleg van warmtenetwerken en de ontwikkeling van energiegemeenschappen kan de toepassing van diepe geothermie niet alleen bijdragen aan het bereiken van klimaatdoelstellingen maar ook helpen energiearmoede te verminderen.

De betrokkenheid van gemeenschappen kan een belangrijke rol spelen bij de acceptatie van toepassingen in de diepe ondergrond. Maatschappelijke acceptatie kan verder gaan dan een passieve tolerantie. Projecten zullen vlugger maatschappelijk aanvaard worden wanneer gemeenschappen actief betrokken worden door hen te informeren en hen mee zeggenschap te geven bij de ontwikkeling van het project. Daarbij is het belangrijk om gemeenschappen zo vroeg mogelijk te betrekken, zodat ze alle informatie kunnen verwerken voordat cruciale beslissingen genomen worden

Ontwikkelingsscenario's voor een duurzaam gebruik van de diepe ondergrond binnen een rechtvaardige, koolstofarme, en circulaire economie

Activiteiten in de diepe ondergrond zullen in Vlaanderen voornamelijk uitgevoerd worden door bedrijven voor dewelke naast milieu en sociale doelstellingen, het maken van winst belangrijk is om de toepassingen te kunnen realiseren. Daarbij zullen Vlaamse en federale beleidsmaatregelen de ontwikkelingen kunnen sturen. Om te begrijpen wat de impact van deze maatregelen is op de mogelijke ontwikkeling van de diepe ondergrond, zal er in de volgende hoofdstukken onderzocht worden (i) hoe de ondergrond zich zou kunnen ontwikkelen zonder beleidsmaatregelen, (ii) met beleidsmaatregelen.

INHOUDSTAFEL

Managementsamenvatting.....	4
Problematieken aangaande het klimaat, energie en duurzaam materialenbeheer	4
De diepe ondergrond	4
Beleidsontwikkelingen voor een transitie naar een rechtvaardige, koolstofarme en circulaire economie	5
Socio-economische ontwikkelingen voor een transitie naar een rechtvaardige, koolstofarme en circulaire economie	6
Ontwikkelingsscenario's voor een duurzaam gebruik van de diepe ondergrond binnen een rechtvaardige, koolstofarme, en circulaire economie	6
1 Maatschappelijke uitdagingen met betrekking tot klimaat, energie, en duurzaam materialenbeheer	8
1.1 Beschrijving van de klimaatproblematiek	8
1.1.1 Verloop van de broeikasgasemissies in Europa en Vlaanderen	8
1.1.2 Economische aspecten van klimaatverandering	10
1.1.3 Sociale aspecten van klimaatverandering	12
1.2 Beschrijving van de energieproblematiek	13
1.2.1 Economische aspecten	13
1.2.2 Milieuaspecten	16
1.2.3 Sociale aspecten	18
1.3 Beschrijving van de problematiek aangaande schaarste van grondstoffen	20
1.3.1 Schaarste aan grondstoffen	20
1.3.2 Economische aspecten	21
1.3.3 Sociale aspecten	22
2 Europees, nationaal en Vlaams beleid ter ondersteuning van een transitie naar een koolstofarme en circulaire economie, met focus op het gebruik van de diepe ondergrond.....	24
2.1 Huidig beleid ter ondersteuning van een transitie naar een rechtvaardige, koolstofarme economie	24
2.2 Huidig beleid in kader van de berging van langlevend en hoogradioactief afval	29
2.3 beleid ter ondersteuning van een Rechtvaardige transitie naar een circulaire economie	30
3 Overzicht van socio-economische ontwikkelingen voor een rechtvaardige transitie naar een koolstofarme en circulaire economie, met focus op het gebruik van de diepe ondergrond	33
3.1 Bedrijfsontwikkelingen en technologische innovaties voor een rechtvaardige transitie naar een koolstofarme economie	33
3.1.1 Diepe geothermie: een bron van hernieuwbare warmteproductie met mogelijks een sociaal oormerk	33
3.1.2 Opslag van CO ₂ voor een transitie naar een koolstofarme economie	35
3.1.3 Opslag van aardgas en waterstof	36
3.1.4 Gerelateerd of competitief gebruik van de diepe ondergrond	37
3.2 Bedrijfsontwikkelingen en technologische innovaties met betrekking tot de berging van langlevend en hoogradioactief afval	38
3.3 Bedrijfsontwikkelingen en technologische innovaties voor een rechtvaardige transitie naar een circulaire economie	40
3.4 Ontwikkelingen binnen lokale gemeenschappen en op huishoudniveau voor een rechtvaardige transitie naar een koolstofarme en een circulaire economie	41
4 Ontwikkelingsscenario's voor het duurzaam gebruik van de diepe ondergrond in een koolstofarme en circulaire economie	44
4.1 Nul-ontwikkelingsscenario - zonder beleidsobjectief	44
4.2 Ontwikkelingsscenario met beleidsmaatregelen	45
5 Conclusie	46
Referenties.....	47

1 MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN MET BETREKKING TOT KLIMAAT, ENERGIE, EN DUURZAAM MATERIALENBEHEER

Dit hoofdstuk beschrijft en analyseert de diverse samenhangende uitdagingen zodat een objectieve basis wordt gelegd voor de verdere stappen van het onderzoek. Hieruit komt een nieuwe context naar voor die nieuwe opportuniteiten schept, met name voor het gebruik van de diepe ondergrond.

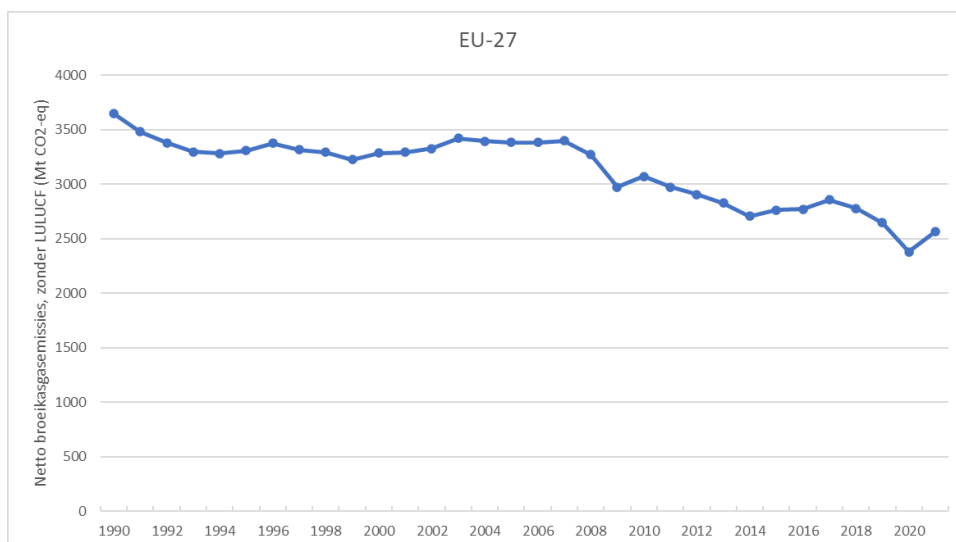
1.1 BESCHRIJVING VAN DE KLIMAATPROBLEMATIEK

Dit deel geeft een algemeen overzicht van de klimaatproblematiek en hoe deze uitdagingen zich uiten in Europa en in Vlaanderen.

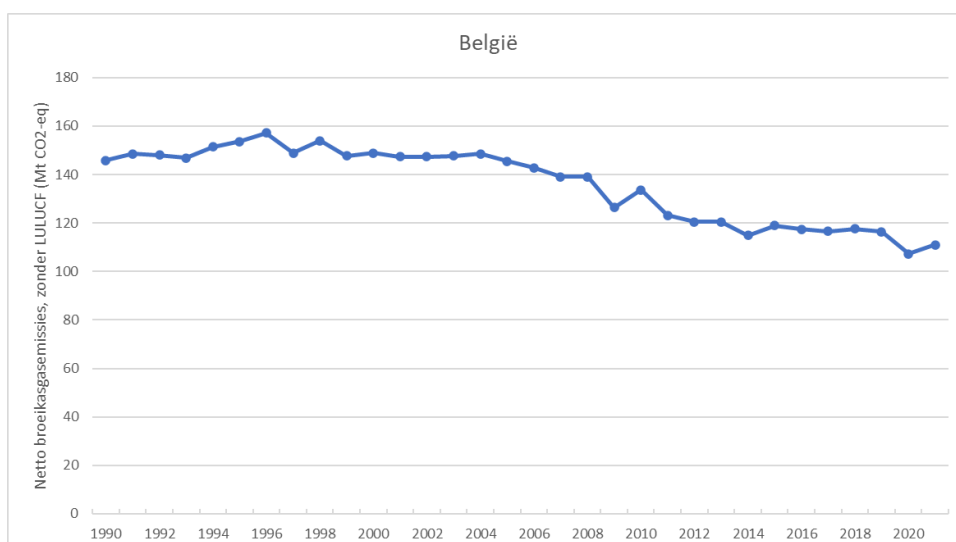
1.1.1 Verloop van de broeikasgasemissies in Europa en Vlaanderen

Er zijn verschillende gassen die in grote hoeveelheden door menselijke activiteit in de atmosfeer worden uitgestoten, en die een positieve stralingsforcering hebben. Dit wil zeggen dat deze gassen zorgen voor een opwarming van de aarde, en dus broeikasgassen zijn. De belangrijkste broeikasgassen uit menselijke activiteit zijn CO₂, CH₄, N₂O, HFK's, PFK's, SF₆ en NF₃. Hoewel de meeste andere gassen een hogere stralingsforcering hebben, levert CO₂ door het grote volume de belangrijkste bijdrage tot de opwarming van de aarde.

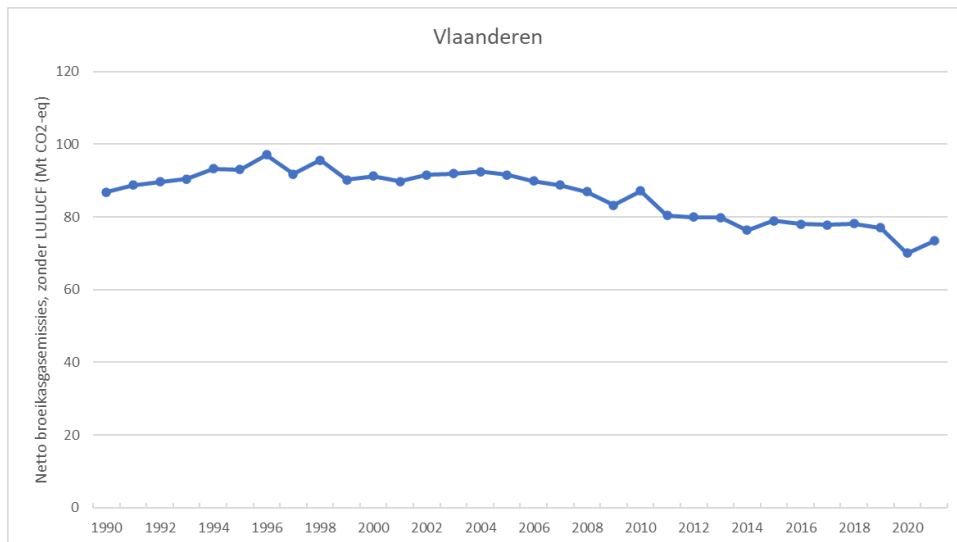
Sinds het Kyoto-Protocol in 1997 worden broeikasgasemissies vergeleken met het referentieniveau in 1990. In de Europese Unie zijn deze emissies gedaald van 4.7 Gt CO₂-eq in 1990 tot 3.2 Gt CO₂-eq in 2021, het laatst gerapporteerde jaar. Dit komt overeen met een daling van net geen 30%. De uitstoot van België is gedaald van 146 Mt CO₂-eq in 1990 naar 111 Mt CO₂-eq in 2021, een daling van 24%. Vlaanderen stootte hiervan in 1990 nog 87 Mt CO₂-eq uit, in 2021 was dit 73 Mt CO₂-eq, een daling van 15%. Hoewel de broeikasgasemissies per inwoner beperkt zijn, mede door het gebruik van CO₂-arme kernenergie, is de emissiereductie beperkt. Dit wordt veroorzaakt door o.a. de emissie-intensieve transportsector, maar ook door een grote vraag aan zowel industriële als residentiële warmte (in eindgebruik groter dan de vraag naar elektriciteit), die momenteel voornamelijk door fossiele brandstoffen wordt ingevuld. Zowel in warmteproductie als in kortetermijn en seizoenale buffering van warmte (en breder, energie) kan de Vlaamse diepe ondergrond in significante mate bijdragen.



Figuur 1. Netto broeikasgasemissies in de EU-27, zonder LULUCF. Bron: EEA (2023)¹



Figuur 2. Netto broeikasgasemissies in België, zonder LULUCF. Bron: Klimaat.be (2023)²



- De economische invloed op de maatschappij van deze directe effecten zijn zeer divers en veroorzaken vaak een cascade-effect over de gehele samenleving. De volgende opsomming geeft daarom slechts een beperkt beeld. Toenemende hittestress zorgt voor een toename in nood aan energie voor koeling. Hieruit volgen hogere energie-uitgaven en energieschaarste, wat weer leidt tot hogere energieprijzen. Er is ook een belangrijke impact van hittestress op de gezondheid, in het bijzonder voor kwetsbare groepen, wat leidt tot een algemene toename in kosten voor de gezondheidszorg. Daarnaast zorgen hogere temperaturen voor een instroom van uitheemse fauna en flora, met bijhorende gezondheidsrisico's en schade aan bijvoorbeeld de landbouw. Droogte aan de oppervlakte en verlaagde grondwaterstanden creëren droogtestress, wat leidt tot een gebrek aan (drink)water met prijsstijgingen en kwaliteitsvermindering tot gevolg, niet enkel voor water maar voor elke activiteit die water vereist, bijvoorbeeld in de landbouw. Verder leidt een verminderde bevaarbaarheid van waterlopen tot een economische impact in de transportsector. Een toename in overstromingen en wateroverlast veroorzaken verhoogde kosten voor gebouwen en inboedel, infrastructuur, een verhoging van verzekeringspremies, en een waardevermindering van overstromingsgevoelige percelen. Gelijkaardig zijn de effecten van de versnelde zeespiegelstijging, namelijk een verhoogd risico op stormvloedschade. In het bijzonder aan de kust is het beperken van schade van belang voor de toeristische sector.

pagina 11 van 52

waaruit blijkt dat de armere wijken van de stad ook de wijken zijn waar de warmte-intensiteit het hoogst is.

1.2 BESCHRIJVING VAN DE ENERGIEPROBLEMATIEK

Dit deel geeft een overzicht van de energieproblematiek waarbij ook aspecten van energiezekerheid (met een link naar de oorlog in Oekraïne) en energiearmoede belicht worden.

1.2.1 Economische aspecten

Energie is van groot belang in onze samenleving. Er zijn dan ook zeer veel economische aspecten die verbonden zijn met energievoorziening. Deze aspecten zijn daarbij in elkaar verstrengeld waardoor het bekomen van een betrouwbare en betaalbare energievoorziening geen sinecure is. In dit overzicht worden allereerst de energievraag en -productie besproken, gevolgd door een bespreking van de energieprijzen. Hierna volgt de internationale energieafhankelijkheid en het vraagstuk over kernenergie. Er wordt afgesloten met een blik op het verduurzamen van de energiesector in de toekomst.

Energievraag

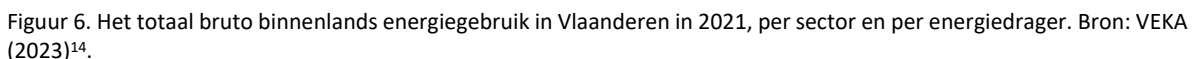
De Vlaamse samenleving is vrij energie-intensief, door de hoge bevolkingsdichtheid, hoge ontwikkelingsgraad en energie-intensieve industrie. Door verschuivingen tussen sectoren en een toename in energie-efficiëntie bleef het primair energieverbruik stabiel tussen 2000 en 2020, ondanks een stijgend bruto binnenlands product. Daardoor daalde de energie-intensiteit met 27,5%. Het totaal bruto binnenlands energiegebruik in Vlaanderen bedroeg 1600 PJ in 2021 (444 TWh). Het totaal energieverbruik (eindverbruik, zonder energieconversie) in Vlaanderen bedroeg 282 TWh in 2021, tegenover een groene energieproductie van 25,8 TWh (VEKA, 2023)¹⁴. Figuur 6 geeft een overzicht van het energieverbruik per sector, en per energiedrager. Olie, aardgas en nucleaire energie domineren het energielandschap. In het WAM (with additional measures) scenario, wordt in het Vlaams Energie- en Klimaatplan uitgegaan van een algemene daling van de finale energievraag in 2030 in Vlaanderen voor de belangrijkste sectoren samen (residentieel, niet-residentieel, industrie, transport, landbouw). Het energiegebruik in de industrie wordt verwacht stabiel te blijven, ondanks economische groei.

Het is belangrijk onderscheid te maken tussen warmtevraag enerzijds (vaak gelinkt aan koeling), en energiebehoefte voor andere doeleinden (transport, elektrische toestellen, verlichting, etc.), aangezien de pure warmtevraag ongeveer 50% van de totale energievraag in België uitmaakt (Heat Roadmap Europe, 2015)¹⁵. In vergelijking met andere bronnen, zal geothermie op een efficiënte en seizoenonafhankelijke manier warmte aanleveren. Het heeft daarom een zeer groot potentieel om minstens dit deel van de energievraag te verduurzamen. In kader van de Europese rapporteringsverplichting over warmte en koude wordt er 5-jaarlijkse een warmtekaart Vlaanderen opgemaakt. Figuur 7 geeft een overzicht van de warmtevraag per sector voor het jaar 2019 zoals deze gerapporteerd werd in het rapport 2020.

Energieproductie

In de productie van energie, in het bijzonder voor elektriciteit, is niet enkel de totale capaciteit van belang. De energievraag fluctueert namelijk doorheen de dag en tussen de seizoenen. Het opslaan van grote hoeveelheden energie is zeer kostelijk, waardoor flexibiliteit in de productie moet voorzien worden. Sommige elektriciteitsproductiemethodes, zoals nucleair, kunnen niet snel aan- of uitgezet worden, maar kunnen wel een continue baseload voorzien. Andere methodes, zoals

pagina 14 van 52



Figuur 7. Finale energieconsumptie voor warmtevraag en nuttige warmte-energie per sector in Vlaanderen in 2019. Bron: VEKA (2021) ^{Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.}

Wat betreft primaire energiebronnen is België voor het overgrote deel afhankelijk van import, en dus van internationale markten. Naast andere parameters zoals het aanbod van hernieuwbare energie en mogelijke buffercapaciteit, bepaalt deze marktprijs voor een belangrijk deel de uiteindelijke prijs van energie voor de eindgebruiker.

van beslecht en de eerste prototypes worden op dit moment aangekondigd tegen 2030-2035, wat allicht een te optimistische inschatting is (zie bv. Clemminck, 2021)²². De berging van radioactief afval blijft een pijnpunt. Diepe geologische berging is een mogelijkheid die ook in België en specifiek in de Vlaamse ondergrond onderzocht wordt. Indien kernenergie als optie wordt weerhouden, kan CO₂-arme energie geproduceerd worden, maar moet er een oplossing voor radioactief afval worden voorzien, zoals geologische berging.

Verduurzamen van de toekomst

Een verduurzaming van het energiegebruik in Vlaanderen gebeurt op meerdere vlakken. Allereerst is er een verandering in energieproductiemethodes. We stappen af van fossiele brandstoffen, de verouderde kerncentrales sluiten en er wordt meer elektriciteit decentraal opgewekt via bijvoorbeeld PV-installaties. Groene warmte wordt decentraal opgewekt met zonneboilers en warmtepompen (al dan niet gekoppeld aan een (on)diepe geothermie-installatie), of met collectieve installaties waarbij de warmte verdeeld wordt via een warmtenet (zie ook VEKA (2021)²³ voor een overzicht van het warmtegebruik en -potentieel in Vlaanderen). Verder is er een verandering in energiedragers. Er is een toename in elektrificatie, maar ook alternatieven zoals waterstof, bio- en synthetische brandstoffen als energiedragers worden ontwikkeld om verschillende redenen (mobiliteit, gridcapaciteit enz.). Finaal zorgt deze energietransitie ook voor een nood aan bijkomende opslagcapaciteit voor energie.

De (diepe) ondergrond is reeds sinds de industriële revolutie verbonden met energie door fossiele brandstoffen, eerst steenkool, dan olie en aardgas. Diezelfde ondergrond kan ook aangewend worden voor een duurzamere productie van energie, zoals met (diepe) geothermie. Daarnaast biedt de ondergrond ook mogelijkheden voor opslagcapaciteit, zoals koude-warmteopslag (ondiep), hoge temperatuuropslag (diep) en bufferopslag van aardgas of waterstofgas. Voor energie- en andere productiemethodes waar CO₂ onvermijdelijk wordt geproduceerd, kan, als oplossing in een transitie naar minder koolstof-intensieve productiemethodes, die CO₂ permanent in de ondergrond opgeslagen worden.

1.2.2 Milieuaspecten

De productie van energie gaat steeds gepaard met de productie van afvalstoffen die een zekere milieu-impact hebben. De belangrijkste afvalstof is CO₂ uit de verbranding van koolwaterstoffen. De uitstoot van de energiesector in Vlaanderen bedraagt jaarlijks zo'n 15 Mt CO₂-eq. Voor verwarming wordt jaarlijks door huishoudens 10 Mt CO₂-eq uitgestoten. Daarnaast komen bij energie-gerelateerde processen ook andere vervuilende elementen en verbindingen vrij, zoals stikstof- en zwavelverbindingen, en zware metalen. Zo worden er jaarlijks enkele honderden tot tienduizenden kilo's energie-gerelateerde zware metalen uitgestoten in Vlaanderen (VMM, 2023)²⁴. Over de voorbije 20 jaar is er voor alle vervuilende stoffen een daling in uitstoot. Bovendien is er een daling in algemene koolstofintensiteit (CO₂-uitstoot per eenheid bruto binnenlands product)²⁵. Om een gefundeerde beoordeling te kunnen maken over de milieu-impact van een technologie, en in het bijzonder om deze met andere te vergelijken, is het van belang om met alle aspecten en de gehele levensduur van deze aspecten rekening te houden, van het ontginnen van de grondstoffen tot de afbraak en recyclage van installaties. Hiervoor wordt doorgaans een levenscyclusanalyse gebruikt (LCA)²⁶.

De diepe ondergrond kan een rol spelen in het terugbrengen van de milieu-impact van energie-gerelateerde processen. Hoewel deze oplossingen op zichzelf ook een zekere milieu-impact hebben, is de resulterende impact beduidend lager.

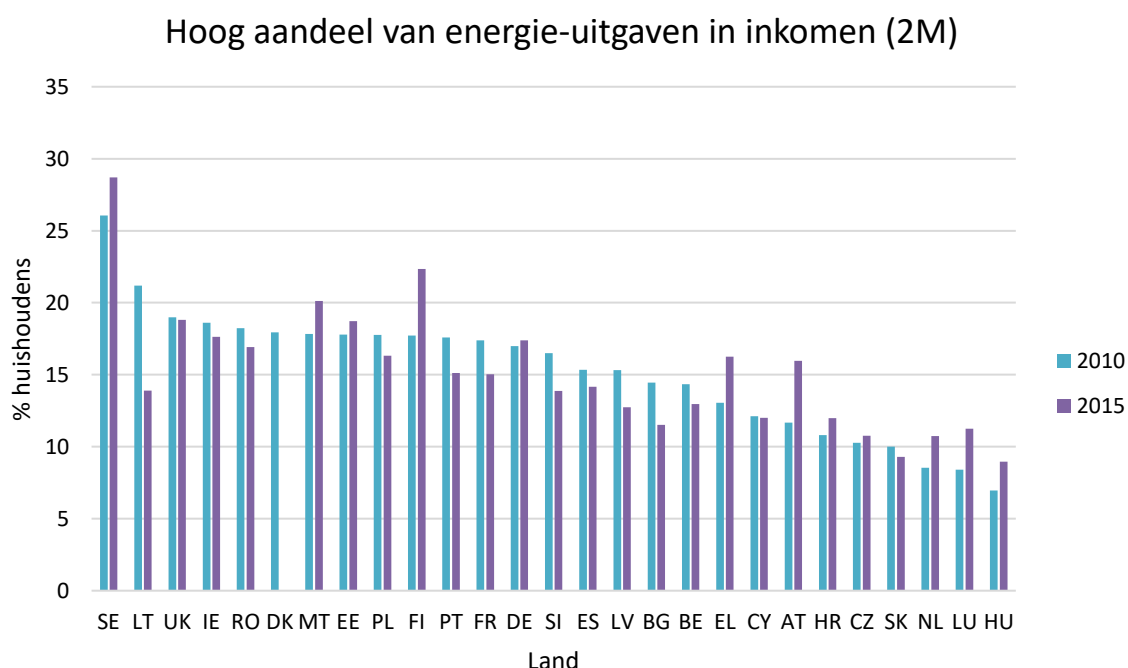
Een alternatieve, hernieuwbare energiebron is diepe geothermie. Aardwarmte wordt gewonnen op enkele kilometers diepte, en aan de oppervlakte gebruikt voor verwarming of, bij voldoende hoge

CO₂ uit chemische processen of verbranding, dat normaal uitgestoten wordt in de atmosfeer, kan worden afgevangen en opgeslagen in diepe geologische reservoirs, waar het permanent wordt verwijderd uit de koolstofcyclus. Deze technologie zorgt meestal voor een beperkte verlaging van de productie-efficiëntie, maar bij een voldoende hoge afvang-efficiëntie wordt dit effect ruimschoots gecompenseerd.

pagina 17 van 52

1.2.3 Sociale aspecten

Energiearmoede is een situatie waarbij huishoudens moeilijk toegang hebben tot essentiële energiediensten en -producten. Energiearmoede doet zich voor wanneer energie-uitgaven een groot aandeel hebben in het inkomen van een consument of wanneer consumenten hun andere uitgaven moeten reduceren in die mate dat er negatieve impact is op de gezondheid en het welzijn. 8% van de Europese bevolking was niet in staat om het huis voldoende te verwarmen in 2020³². De stijgende energieprijzen, samen met de impact van COVID-19 heeft naar alle waarschijnlijkheid de situatie nog verder verslechterd. De 2M indicator geeft het percentage huishoudens weer wiens aandeel aan energie-uitgaven groter is dan twee keer de nationale mediaan. Iets minder dan 15% van de Belgische bevolking besteedde in 2010 en 2015 een dergelijk groot aandeel van hun inkomen aan energie (zie Figuur 8). Tussen 2010 en 2015 is er voor België slechts een beperkte daling zichtbaar³³.



Figuur 8. Percentage huishoudens wiens aandeel van energie-uitgaven in het inkomen hoger ligt dan twee keer de nationale mediaan (Energy poverty advisory hub, 2023³³).

Figuur 9 toont het percentage huishoudens voor wie het onmogelijk blijkt om hun huis warm te houden. België scoort daarbij beter dan het gemiddelde van de EU27 en Vlaanderen scoort relatief beter dan België. De stijgende energieprijzen hebben de dalende trend die ingezet werd in 2010 gestopt. Voor de EU27 was er nog geen data beschikbaar voor 2022³³. Er dient opgemerkt te worden dat de EU-SILC enquête waarop de data gebaseerd zijn, vernieuwd werd in 2019 waardoor er voorzichtigheid geboden is bij de beoordeling van de gegevens.

The chart displays the percentage of households with a car in 2010 and 2022 for three regions: EU27 (purple line), BE (orange line), and Vlaanderen (teal line). The y-axis represents the percentage of households, ranging from 0,00 to 12,00. The x-axis represents the year, from 2010 to 2022. The EU27 line starts at approximately 10,00% in 2010 and ends at approximately 7,00% in 2022. The BE line starts at approximately 5,50% in 2010 and ends at approximately 5,00% in 2022. The Vlaanderen line starts at approximately 2,50% in 2010 and ends at approximately 2,20% in 2022.

Jaar	EU27	BE	Vlaanderen
2010	10,00	5,50	2,50
2011	10,30	7,10	3,80
2012	11,20	6,60	3,50
2013	10,80	5,80	3,70
2014	10,40	5,40	2,40
2015	9,60	5,20	2,50
2016	9,00	4,80	2,50
2017	8,10	5,80	2,40
2018	7,60	5,20	2,20
2019	6,90	3,90	1,60
2020	7,50	4,10	1,80
2021	6,90	3,50	1,90
2022	7,00	5,00	2,20

Het Platform tegen Energiearmoede publiceert een jaarlijkse Barometer Energiearmoede³⁵. Die meet de energiearmoede aan de hand van drie indicatoren:

- Rekening houdend met overlap tussen deze categorieën kampte 14,8% van de Vlaamse gezinnen in 2021 met een vorm van energiearmoede. Alleenstaanden en eenoudergezinnen zijn oververtegenwoordigd in zowel de lage middenklasse als de huishoudens met een armoederisico. Het hebben van een inkomen uit arbeid beschermt bovendien niet automatisch tegen energiearmoede. Huurders, en in het bijzonder sociale huurders, zijn oververtegenwoordigd in de energiearmoedecijfers. 20,3% van de Belgische huishoudens in energiearmoede kampt ook met ernstige materiële en sociale deprivatie.

pagina 19 van 52

Verder zijn reeds kleinschalige mineralisaties gevonden in Vlaanderen waarmee kritieke grondstoffen geassocieerd zouden kunnen zijn, namelijk de (voornamelijk) sulfide-mineralisaties in het Massief van Brabant. Pb-Zn afzettingen zijn gekend in de Voerstreek en langs de zuidoostelijke rand van het Massief van Brabant net buiten de grens van Vlaanderen, maar lijken zich niet uit te strekken tot in Vlaanderen. De mineralisaties in het Massief van Brabant zijn niet economisch interessant, maar wijzen mogelijk op nog niet aangeboorde afzettingen in het meer centrale deel van dit massief (o.a. Piessens et al., 2000)⁴². Fosfaatmineralen in Onder Devoonafzettingen worden momenteel onderzocht als potentiële bron van zeldzame aardmetalen (GSEU project), maar voorlopig enkel in de ontsluitingsgebieden ten zuiden van Vlaanderen.

Cokes uit steenkool zijn een essentiële grondstof voor de productie van ijzer en staal. Het heeft verschillende functies in het productieproces, als belangrijkste is het een reductans voor ijzeroxide. Ijzer en staal zijn bijzonder veelgebruikte materialen in de maatschappij. In 2020 werd in de EU 40

Mt steenkool gebruikt om cokes te produceren (Eurostat, 2022)⁴⁸. Een verzekerde productieketen is van vitaal belang voor de Europese economie. Ook voor steenkool is China wereldwijd de grootste producent. Binnen de EU is er een sterk dalende productie, met Polen als grootste producent. Meer dan 50% van het steenkoolgebruik wordt van buiten de EU ingevoerd, voornamelijk vanuit Rusland, de VS en Australië. Vlaanderen heeft in de vorige eeuw een bloeiende steenkoolindustrie gekend, met een piek in werkgelegenheid van 44 000 personen. Een herstart van productie kan een belangrijke impact hebben, waarbij economische, sociale en milieufactoren overwogen moeten worden.

1.3.3 Sociale aspecten

De voorbije jaren is sociaalwetenschappelijk onderzoek omtrent grondstofontginning geëvolueerd van studies die onderzoek deden omtrent de 'resource curse' en 'the Dutch disease' naar studies die zich meer richten op duurzaamheidsaspecten en onderzoek doen omtrent 'a social license to operate' in de mijnbouw en het maatschappelijk verantwoord ondernemen van de betrokken bedrijven⁴⁹. 'A social license to operate' betekent een continue goedkeuring en brede acceptatie van een ontginningsproject. Het vormt een complex fenomeen gevormd door overheden, burgergemeenschappen, de markt en hun onderlinge relaties⁵⁰. Hoewel dit concept sociale kwesties meer op de agenda heeft gezet, lijkt het toch een manier voor bedrijven om lokale weerstand te beperken, eerder dan een manier om betrokkenheid en samenwerking te vergroten⁵¹. Ook rapporten die het maatschappelijk verantwoord ondernemen van bedrijven in de mijnbouwsector evalueren, worden beschouwd als Westerse constructies die gedreven zijn door milieuwetgeving, vakbonden, en consumentenorganisaties. De geloofwaardigheid van maatschappelijk verantwoorde activiteiten van transnationale organisaties in ontwikkelingslanden kan in vraag gesteld worden omdat zij in die landen opereren omwille van een gunstig belastingregime en beperkte arbeidsvoorwaarden, wat net de intentie van maatschappelijk verantwoord ondernemen ondergraaft⁵².

Ook de schaarste aan kritieke grondstoffen en hun waardeketen staan meer en meer centraal in sociaalwetenschappelijk onderzoek. Daarbij wordt er gekeken naar opkomende waardeketens in de VS, Australië en Europa om de afhankelijkheid van China te beperken. Daarnaast kan ook het opnieuw verwerken van industrieel afval en de recyclage van eindproducten beschouwd worden als een nieuwe bron van dergelijke kritieke grondstoffen. Andere manieren om tekorten op te vangen zijn (i) het vinden van materialen die een substituum kunnen zijn, (ii) aanpassingen maken aan het eindproduct, of (iii) exploratie naar nieuwe mijnen⁵³.

Sociale impacts van ontginningen kunnen bestudeerd worden door sociale levenscyclusanalyses. Dergelijke analyses worden momenteel reeds uitgevoerd voor bijvoorbeeld de volledige waardeketen van lithiumbatterijen. Dergelijke studies tonen aan dat de hoogste sociale risico's gerelateerd zijn aan de ontginning van de grondstoffen en dat dergelijke risico's lager zijn in Europa dan in ontwikkelingslanden. Sociale risico's omvatten oneerlijke verloning, mensenhandel, het ontbreken van het recht om zich aan te sluiten bij een vakbond, en blootstelling aan milieuverontreiniging⁵⁴. Er bestaan ook voorbeelden uit Europa waar bijvoorbeeld de Europese Commissie en de Portugese overheid druk uitvoeren op de gemeenschap in Noord-Portugal voor de opening van wat mogelijks de grootste open lithium mijn van West-Europa kan worden: de Barroso mijn. De lokale landbouwgemeenschap wordt bedreigd en lokale milieuorganisatie verwerpen het project. Een recente studie toont aan dat het betrokken bedrijf verscheidene strategieën toepast om de sociale gemeenschap te ontwrichten en kwetsbare groepen onder druk te zetten om zo tegenstemmen te beperken⁵⁵. De transitie naar een koolstofarme economie betekent eveneens de graduele sluiting van bestaande steenkoolmijnen en ontmanteling van energiecentrales in Europa.

pagina 23 van 52

2.1 HUIDIG BELEID TER ONDERSTEUNING VAN EEN TRANSITIE NAAR EEN RECHTVAARDIGE, KOOLSTOFARME ECONOMIE

Europa

Een hoeksteen van dit beleid is het EU emissiehandelssysteem (European Union Emission Trading System; EU ETS) dat in 2005 gelanceerd werd. Het emissiehandelssysteem werkt volgens het principe van 'cap and trade'. Er wordt een plafond, meer bepaald een cap vastgesteld dat aangeeft hoeveel broeikasgassen er door een bepaalde operator uitgestoten mogen worden en dit plafond wordt geleidelijk aan verlaagd. Binnen dit plafond kunnen operatoren uitstootrecht kopen en verkopen. Hierdoor wordt er een CO₂ markt gecreëerd waarbij de CO₂-prijs de reductie van de uitstoot van broeikasgassen en de ontwikkeling van nieuwe koolstofarme technologieën stimuleert, terwijl de verhandeling van de emissierechten ervoor zorgt dat emissies gereduceerd worden tegen de laagste kosten⁵⁷.

pagina 24 van 52

Europese doelstellingen met betrekking tot geothermische toepassingen in de diepe ondergrond zijn opgenomen in het Europese SET-plan dat recent, op 20 oktober 2023, in lijn gebracht werd met de ‘European Green Deal’ en het REPowerEU Plan. In het hernieuwde SET plan zal er meer aandacht zijn voor lage (minder dan 125°C) en midden (125-225°C) temperatuur toepassingen⁷⁰. Het huidige Implementatieplan voor diepe geothermie (revisie 2020) van de ‘Implementation Working Group Deep Geothermal’ richt zich onder andere op het ondersteunen van onderzoeks -en innovatieactiviteiten met betrekking tot o.a. het verbeteren van reservoir prestaties (ook voor de opslag van warmte), het reduceren van investerings -en operationele kosten, demonstratieprojecten, en het ontwikkelen van stakeholder participatietrajecten⁷¹.

Om de Vlaamse klimaatdoelstellingen te behalen, zal Vlaanderen inzetten op hernieuwbare energieproductie, op het verhogen van energie-efficiëntie, het versterken van de energiezekerheid, en de bestrijding van energiearmoede. Daarvoor zullen 22 indicatoren opgevolgd worden. Zo streeft Vlaanderen tegen 2030 naar een hernieuwbare energieproductie van 31 974 GWh (waarvan 11 574 GWh groene warmte) en een EPC-label A & B voor meer dan de helft van de residentiële gebouwen. Voor het versterken van de energiezekerheid, zal Vlaanderen naast de ondersteuning van de maatregelen in het Nationaal Energie- en Klimaatplan, zich richten op de optimalisatie van het gehele energiesysteem (en niet individuele, lokale optimalisatie) en de ontwikkeling van energieknoppunten voor de uitwisseling van energie. Daarbij wordt ingezet op het creëren en valoriseren van flexibiliteit, de digitalisering van het energiesysteem, en samenwerking tussen economische actoren via energiegemeenschappen. Wat betreft energiearmoede heeft Vlaanderen geen specifieke doelstellingen. In het Vlaams Regeerakkoord 2019 –2024 wordt wel beoogd om de komende jaren ‘extra in te zetten op een daling van energiearmoede’⁹². Daartoe werd in 2021 de Visienota Energiearmoedeplan 2025 opgesteld met een lijst van maatregelen om financieel kwetsbare gezinnen te ondersteunen en te begeleiden om de klimaatdoelstellingen te behalen en het maatschappelijk draagvlak voor de transitie te behouden. De focus van het plan ligt enerzijds op preventieve maatregelen die de energie-efficiëntie van woningen verhogen om zodoende de energiefactuur te verlagen en anderzijds op curatieve acties voor huishoudens die energieschulden opbouwen⁷².

Antwerpen herbergt de grootste geïntegreerde brandstof- en chemiecluster van Europa , wat beschouwd wordt als een opportuniteit om op een relatief beperkte oppervlakte, grote

Daarnaast heeft Vlaanderen de ambitie om Europese koploper te worden inzake waterstoftechnologie. De Vlaamse waterstofvisie en -strategie “Europese koploper via duurzame innovatie” stelt vijf strategische doelstellingen voorop:

- Daarbij worden zowel groene waterstof (geproduceerd op basis van hernieuwbare energie) als blauwe waterstof (waterstof geproduceerd op basis van fossiele brandstoffen waarbij CO₂ emissies vermeden worden door toepassing van CCS) beschouwd als ‘duurzame waterstof’. De waterstof industrie cluster (WIC) heeft zich tot doel gesteld een elektrolysecapaciteit te realiseren van 200 MW tegen 2025 (WaterstofNet, 2020)⁷⁹.

Ook de federale overheid zet in op de ontwikkeling van waterstof. De Belgische waterstofstrategie is gebaseerd op 4 pijlers⁸⁰:

- België streeft daarbij naar een elektrolysecapaciteit van 150 MW tegen 2026, wat lager is dan de doelstelling die vooropgesteld wordt door de WIC⁸¹. In de Belgische waterstofstrategie wordt verder kort aangegeven dat hoewel grootschalige opslag van gasvormige waterstofmoleculen een optie is, net zoals dat nu het geval is voor aardgas, de Belgische ondergrond slechts beperkte mogelijkheden biedt. Om een toereikende opslagcapaciteit op te bouwen, is een aanpak op Europees niveau nodig. Zo is er meer aandacht in België en Vlaanderen voor import dan voor de eigen productie van waterstof. In Nederland wordt meer aandacht besteed aan eigen productie. Nederland heeft namelijk meer potentieel voor hernieuwbare energieproductie dan België en heeft ook

zoutcavernes die gebruikt kunnen worden voor de opslag van waterstof alsook veel infrastructuur (voor opslag en distributie) beschikbaar die aangepast zou kunnen worden voor waterstof, terwijl België relatief gezien meer importfaciliteiten heeft voor stoffen zoals waterstof. Dit verschil wordt bevestigd in de Vlaamse waterstofstrategie (WaterstofNet, 2020)⁷⁹:

“In 2019 stonden er een totaalvermogen van ongeveer 1 GW aan windturbines in de Nederlandse wateren, terwijl dat in 2030 11 GW moet zijn. Vlaanderen/België zou in 2020 2.262 MW offshore windenergie bereiken en ambieert “slechts” een verdubbeling daarvan richting 2030. ... De elektrolysecapaciteit in Vlaanderen zal dus wellicht beperkt blijven omwille van het gelimiteerde aanbod aan hernieuwbare energie.”

2.2 HUIDIG BELEID IN KADER VAN DE BERGING VAN LANGELEVENDE EN HOOGRADIOACTIEF AFVAL

In verhouding tot de grootte van het land, heeft België een relatief grote hoeveelheid langlevend en hoogradioactief materiaal te beheren, in hoofdzaak als resultaat van de productie van kernenergie. Alles samen raamt NIRAS dat er, bij ongewijzigd beleid, een 13.500 m³ aan dit type afval zal moeten geborgen worden (NIRAS, 2020)⁸². NIRAS, de nationale instelling voor het beheer van radioactief afval en verrijkte splijtstoffen, is een semi-gouvernementele organisatie, operationeel sinds 1982 en verantwoordelijk voor het veilig beheer van alle radioactief afval op Belgisch grondgebied.

Internationale afspraken leggen de ultieme verantwoordelijkheid voor het veilig beheer van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen bij de nationale overheden. In 1997 werd dit gestipuleerd in de *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management* van het IAEA⁸³. De Europese Unie legt, middels Richtlijn 2011/70/Euratom, hierna Afval Richtlijn, haar lidstaten bovendien op om voor dat doel nationale beleidsmaatregelen vast te leggen⁸⁴. In de preambule van deze richtlijn wordt expliciet vermeld dat radioactief afval finaal dient geborgen te worden en dat er een brede consensus heerst op technisch gebied dat diepe geologische berging de veiligste en meest duurzame oplossing biedt voor het lange termijn beheer van hoogradioactief afval en verbruikte splijtstof.

De Afval Richtlijn werd in juni 2014 omgezet in Belgische wetgeving⁸⁵. Daarin wordt gesteld (art.4) dat de veiligheid op lange termijn van een bergingsinstallatie onder meer moet berusten op veiligheidsmaatregelen die op lange termijn passief moeten kunnen worden. Tevens wordt NIRAS als verantwoordelijke aangewezen voor het voorstellen van een locatie voor zulk een installatie. Een eerste (en voorlopig laatste) Belgisch Nationaal Programma werd aangenomen in 2015⁸⁶. Het beschrijft de situatie zoals ze was op 31 december 2014, met betrekking tot wet- en regelgeving, betrokken actoren en hun respectieve verantwoordelijkheden, de afvalinventaris, plannen voor lange termijn beheer en financiële provisies.

Ondanks de vele referenties naar berging en bergingsinstallaties (reeds van bij de oprichting van NIRAS in 1980 werd berging vermeld als één haar de opdrachten⁸⁷⁾ zou het tot eind 2022 duren vooraleer diepe berging expliciet als geprefereerd concept voor hoogradioactief en langlevend afval in regelgeving zou worden vermeld. Het Koninklijk besluit van 28 oktober 2022 tot vaststelling van het eerste deel van de Nationale Beleidsmaatregel met betrekking tot het lange termijn beheer van hoogradioactief en/of langlevend afval en tot verduidelijking van het stapsgewijze proces voor de vaststelling van de andere delen van deze Nationale Beleidsmaatregel (BS 22/11/2022) stelt in art.6.§1. *“Het voorontwerp van langetermijnbeheerconcept voor het radioactieve afval bedoeld in*

Het KB van 28 oktober 2022 stelt verder dat NIRAS een referentiescenario moet opstellen voor dit “voorontwerp van langetermijnbeheerconcept” en dat de instelling daarbij de “ontwikkelingen en optimalisering” daarvan moet opvolgen en documenteren “in het bijzonder met betrekking tot berging in diepe boorgaten en geavanceerde nucleaire technologieën, alsook de veilige alternatieven voor de genoemde oplossing” (art.6.§3.). Tot slot wordt NIRAS gevraagd “na te gaan of het mogelijk is een diepe bergingsinstallatie te ontwikkelen die met een of meer landen wordt gedeeld” (art.7.§2.). Geologische berging blijft tot op heden in België daarom nog in vele opzichten een veeleer theoretisch concept.

Het circulair denkkader is een raamwerk voor systeemoplossingen dat wereldwijde uitdagingen zoals klimaatverandering, verlies van biodiversiteit, afval en vervuiling probeert aan te pakken. Het is gebaseerd op drie principes, gedreven vanuit een ontwerpfase: elimineer afval en vervuiling, circuleer producten en materialen (tegen hun hoogste waarde) en regenereer de natuur⁸⁸. In een circulaire economie worden tal van strategieën toegepast om materialen en producten zo hoogwaardig mogelijk te blijven inzetten in de economie. In een circulaire economie wil men alles wat van waarde is, waardevol houden en wordt afval gebruikt als grondstof⁸⁹.

Gerelateerd aan het gebruik van de (diepe) ondergrond, is sinds 2024 de Critical Raw Materials Act (CRMA) van kracht. Omdat kritieke grondstoffen vaak onmisbaar zijn voor een breed scala aan strategische sectoren, waaronder hernieuwbare energie, de digitale industrie, de ruimtevaart- en defensiesector en de gezondheidssector, omdat de EU voor kritieke grondstoffen vrijwel volledig afhankelijk is van invoer, omdat voorziening van essentiële goederen tijdens de COVID-19-crisis en de energiecrisis als gevolg van de oorlog in Oekraïne in het gedrang kwamen, en omdat niet-regelgevende maatregelen onvoldoende zijn om de toegang tot een veilige en duurzame voorziening van kritieke grondstoffen te waarborgen, heeft de Europese Commissie een regelgevend kader uitgewerkt met de volgende doelstellingen⁹¹:

- versterking van de verschillende stadia van de Europese waardeketen van kritieke grondstoffen;
- diversifiëring van de invoer van kritieke grondstoffen naar de EU teneinde strategische afhankelijkheden te verminderen;
- verbetering van de capaciteit van de EU om de huidige en toekomstige risico's op verstoringen van de voorziening van kritieke grondstoffen te monitoren en te beperken;
- waarborging van het vrije verkeer van kritieke grondstoffen op de eengemaakte markt en van een hoog niveau van milieubescherming, door de circulariteit en duurzaamheid van kritieke grondstoffen te verbeteren.

In de eerste plaats moet de Europese Unie meer strategische grondstoffen uit eigen bodem gebruiken en capaciteit opbouwen om de materialen te winnen die nodig zijn om ten minste 10 % van haar verbruik van strategische grondstoffen te produceren. Om een volledige waardeketen op te bouwen en eventuele knelpunten in de tussenfasen te voorkomen, moet de Unie daarnaast haar verwerkingscapaciteit in de hele waardeketen vergroten en in staat zijn ten minste 40 % van haar jaarlijkse verbruik aan strategische grondstoffen te produceren. Ten derde wordt verwacht dat in de komende decennia een steeds groter aandeel van het verbruik van strategische grondstoffen in de Unie kan worden gedekt door secundaire grondstoffen, waardoor zowel de zekerheid als de duurzaamheid van de grondstoffenvoorziening van de Unie zou worden verbeterd. Met de recyclingcapaciteit van de Unie moet daarom ten minste 25% van het jaarlijks verbruik van strategische grondstoffen in de Unie kunnen worden geproduceerd. Deze benchmarks hebben betrekking op de periode tot 2030, en zijn in overeenstemming met de klimaat- en energiedoelstellingen van de Unie. Voor de voorziening van sommige grondstoffen is de Unie vrijwel volledig afhankelijk van één land. Dergelijke afhankelijkheden vormen een hoog risico op verstoring van de voorziening. Om dit risico te beperken en de economische veerkracht van de Unie te vergroten, moeten inspanningen worden geleverd om ervoor te zorgen dat de Unie tegen 2030 in geen enkel stadium van de verwerking afhankelijk is van één derde land voor meer dan 65 % van haar voorziening van een onverwerkte strategische grondstof.

Om deze doelstellingen te bekomen, legt de CRMA verschillende verplichtingen op aan de lidstaten zoals exploratie van de ondergrond (artikel 19), het potentieel delen van de gegevens hiervan (artikel 35 en verder), het versnellen en stroomlijnen van projecten door regelgeving rond Europese strategische projecten en vergunningsprocedures (artikel 6 en verder), en een verzekering van opvolging van potentiële bevoorradingsproblemen (artikel 20 en verder).

Ook Vlaanderen geeft zowel in haar regeerakkoord 2019-2024⁹² als in haar Visie 2050⁹³ aan de transitie naar een circulaire economie te willen verderzetten. Zo streeft Vlaanderen naar een maximale circulaire economie om zo beter in de behoeften aan grondstoffen en water te kunnen voorzien en het welzijn te maximaliseren met een kleinere ecologische voetafdruk. Omdat de uitstoot van broeikasgassen ook bepaald wordt door de manier waarop we omgaan met materialen in een lineair systeem, kan de transitie naar een circulaire economie bijdragen tot een vermindering van broeikasgassen. Om haar klimaatdoelstellingen te realiseren, streeft Vlaanderen ernaar – naast de energiedoelstellingen – om de materiaalvoetafdruk van de Vlaamse consumptie te reduceren met 30% tegen 2030. Cruciaal voor het bereiken van deze doelstelling zijn:

- Klimaatengagementen binnen een sociale economie (aanbod van leningen, jobcreatie)
- Ondersteuning voor nieuwe bedrijfsmodellen (product-dienstsysteem)
- Stimuleren van circulaire oplossingen via publieke en private aankoopopdrachten
- Green Deals
- Uitbouw van een symbioseplatform. Een Vlaams platform om gegevens uit te wisselen over materiaalstromen en de mogelijkheden om deze opnieuw te gebruiken als grondstof

- Binnen dit beleidskader wordt er geen directe link gelegd naar het gebruik van de diepe ondergrond.

pagina 32 van 52

mogelijk, diepe geothermie zou dan ingezet kunnen worden in gebouwen waar hogere temperatuurtoepassingen vereist blijven.

Om te komen tot een fossielvrije gebouwde omgeving wordt het gebruik van warmtenetwerken beschouwd als een maatregel die meer sociaal inclusief kan zijn, in vergelijking met het aanpassen van woningen en gebouwen opdat ze hun energiebehoefte volledig opvangen met elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen. Sociale woningcoöperaties kunnen namelijk de kritieke massa leveren die nodig is om een warmtenetwerk economisch haalbaar te maken voor een bepaald gebied. Om sociale betrokkenheid te verhogen bij de implementatie van een centraal warmtenetwerk, kunnen steden en gemeenten samenwerken met warmtecoöperatieën. In Denemarken zijn 360 van de 430 warmtenetwerken eigendom van consumenten. Zulke coöperatieën dichten de kloof tussen investeren in energieontwikkelingen, productie van energie, en consumptie omdat burgers de mogelijkheid krijgen om te reflecteren over, en betrokken te zijn bij hun eigen energieconsumptie. Om zulke transitie te realiseren zullen er ook financiële ondersteuningsinstrumenten ingezet moeten worden zoals bijvoorbeeld een warmtefonds, een batenbelasting, of leningen die gekoppeld zijn aan het gebouw (en niet aan een persoon)⁹⁹. In het kader van een koolstofarme economie, kunnen deze warmtenetwerken gevoed worden door energie afkomstig van onder meer biomassa, restwarmte of diepe geothermie. Op deze manier kan het gebruik van de diepe ondergrond een rol spelen in een rechtvaardige transitie naar de ontwikkeling van koolstofvrije warmte op schaal van een stad of gemeente.

Er zijn drie actieve ontwikkelaars en/of uitbaters van diepe geothermie in Vlaanderen. VITO startte in 2007 met een seismische campagne voor een open systeem, in 2019 kon de geothermiecentrale van het Balmatt project als doublet voor het eerst proefdraaien. Dit is een proefproject waar op verschillende pistes onderzoek wordt verricht (ORC-elektriciteitsproductie, boortechneiken, materialen, verkenning ondergrond, seismiciteit...). De centrale is aangesloten, op het bestaande warmtenet op de site van VITO, de Atoomwijk en SCK-CEN en wanneer er tijdens testfasen warmte geproduceerd wordt, wordt deze verdeeld over het net.

Op de site van Janssen Pharmaceutica in Beerse werd in 2019 gestart met het boren van een open doubletsysteem voor het leveren van warmte op de eigen site. Het project werd succesvol ontwikkeld en in oktober 2022 is de warmtecentrale in gebruik genomen. Sindsdien wordt de ontwikkeling verder op punt gesteld en draait de centrale minimaal één jaar op proef.

Daarnaast is HITA een projectontwikkelaar voor diepe geothermie, met de actieve ontwikkeling van drie projecten in de Kempen, in verschillende stadia van ontwikkeling:

- Drie tot vier geothermiecentrales in Turnhout, om een groot deel van de warmtevraag in de stad te voorzien.
- Eén tot twee geothermiecentrales op de grens tussen Herentals en Olen, met warmte voor zowel industrie als huishoudens.
- Meerdere geothermiecentrales in Lommel, met warmte voor industrie, huishoudens en recreatie.

Rekening houdend met de onzekerheid en de hoge kosten (onderzoek, boringen) die gepaard gaan met ontwikkelingen in de diepe ondergrond, vragen deze projecten een eigen strategie voor investeringen. Met publieke steunmaatregelen kunnen bovenstaande projecten reeds ontwikkeld worden vanuit verschillende standpunten: onderzoek, industrie en lokale overheid. Een risicoverlaging kan verwacht worden door het leereffect over zowel de ondergrond als de technische aspecten. Er worden ook nieuwe concepten voor diepe geothermie ontwikkeld, zoals éénputsystemen, enhanced geothermal systems en diepe gesloten systemen, om warmte te

Opslag van thermische energie in de diepe ondergrond krijgt aandacht in onderzoeksprojecten, en kan toegepast worden in watervoerende lagen, restruimtes in steenkoolmijnen, of eventueel in boorgaten of gesteente. Voor zover bekend is het enige project over hoge temperatuuropslag in Vlaanderen Heatstore (heatstore.eu) voor de Balmatt site. Binnen hetzelfde project zijn meer pilootprojecten die eerder demonstratiegericht zijn, uitgewerkt met een relevant dieptebereik, bijvoorbeeld in Zwitserland. Temperatuuropslag in verlaten mijnen wordt bijvoorbeeld zowel in Wallonië (Designate project) onderzocht, en is ondieper een voldragen project in Heerlen (NL). De steenkoolmijnen in Vlaanderen zijn omwille van hun diepte en uitbatingsgeschiedenis waarschijnlijk betere kandidaten.

Grootschalige reducties in de uitstoot van CO₂ zullen niet gerealiseerd worden door individuele ondernemingen, maar vraagt samenwerking tussen verschillende maatschappelijke sectoren en netwerken. Daarbij is het essentieel dat kennis gedeeld wordt en dat er kostenbesparingen zijn door het bundelen van krachten. Actoren zouden moeten samengebracht worden op een manier die elke actor ten goede komt en tegelijkertijd gezamenlijke doelstellingen dient. Bovendien is het belangrijk een verscheidenheid aan visies te erkennen en te putten uit verschillende perspectieven om de gezamenlijke onderneming te versterken¹⁰⁰. De toepassing van CCS en de daarbij horende opslag van CO₂ in de diepe ondergrond zal een samenwerking vragen over de grenzen van de individuele lidstaten heen. CCS maakt nog steeds onderdeel uit van Europese en nationale strategieën om CO₂ reducties te realiseren¹⁰¹. CCS kan ingezet worden in de sectoren waarbij het moeilijk is om diepgaande CO₂ emissie reducties te realiseren (zoals de cementindustrie) alsook bij de productie van waterstof op basis van koolwaterstoffen (zogenaamde blauwe waterstof, zie bijvoorbeeld het H2BE project omschreven in sectie 3.1.3)¹⁰². Bovendien wordt de koppeling van CCS aan bio-energieproductie beschouwd als een sleuteltechnologie om te komen tot negatieve emissies¹⁰³.

pagina 35 van 52

Europe Facility for Energy” is een fonds die de ontwikkeling van transnationale pijpleidingen voor het transport van CO₂ kan ondersteunen¹⁰⁴.

Voor Vlaanderen is de Antwerpse haven de doellocatie voor de ontwikkeling van een CCUS hub. Antwerp@C verenigt acht bedrijven uit de energie- en chemische sector om de haalbaarheid van CCUS te onderzoeken. Antwerp@C voorziet daarbij twee pistes voor grensoverschrijdende CO₂-transportinfrastructuur. In een eerste fase wordt het CO₂ in vloeibare vorm verscheept naar lege gasvelden in het Noordzeegebied. Daarnaast verkent Antwerp@C de mogelijkheid om in een tweede fase CO₂ via een pijpleiding naar Nederland te transporteren¹⁰⁵. Binnen deze cluster loopt momenteel het Kairos@C project waarbij AirLiquide en BASF samenwerken om de eerste grensoverschrijdende CCS waardeketen in Antwerpen te creëren om CO₂ af te vangen, vloeibaar te maken, te transporteren en permanent op te slaan. CO₂ zal worden afgevangen in 5 productie-installaties van BASF in Antwerpen, vloeibaar worden gemaakt via een exportterminal in de haven van Antwerpen en per schip worden getransporteerd voor een veilige en permanente opslag onder de Noordzee (Kairos@C, 2021)¹⁰⁶.

Een ander concreet voorbeeld is Greensand, waarvoor verschillende samenwerkingsakkoorden nodig zijn, in het bijzonder tussen de deelnemende staten Denemarken, België en Vlaanderen. In het kader van de Europese CCS richtlijn onderhoudt de Europese Commissie (DG CLIMA) een overlegcomité waarin de verschillende lidstaten op regelmatige basis verslag uitbrengen en nieuwe initiatieven worden besproken

3.1.3 Opslag van aardgas en waterstof

Ook wat betreft de ontwikkeling van waterstof ontstaan er verschillende samenwerkingsverbanden. Het Hydrogen Valley-platform is een wereldwijd samenwerkingsplatform om alle informatie over grootschalige waterstofprojecten te bundelen en uit te wisselen. Op dit platform geven de meest geavanceerde 'Hydrogen Valleys' over de hele wereld inzicht in hun projectontwikkeling. In Vlaanderen is er één 'Hydrogen Valley': H2BE. H2BE is een grootschalig koolstofarm waterstofproject in het havengebied van Gent waarbij Engie en Equinor samenwerken met Fluxys. Het project is gericht op de productie van waterstof uit Noors aardgas. Het is de bedoeling dat de in Gent afgevangen CO₂ in vloeibare vorm wordt getransporteerd vanuit het Belgische kustgebied en permanent en veilig wordt opgeslagen onder de zeebodem van de Noorse Noordzee. De partners streven ernaar om ruim voor 2030 van start te gaan.

Voor Vlaanderen en België zijn er twee bijkomende voorstellen voor een Hydrogen Valley. Ten eerste is er de Hydrogen Delta. Dit is een initiatief om een grensoverschrijdende industriële cluster in de (petro-)chemie en staalindustrie te vormen in het Vlaams-Nederlandse Deltagebied. De Vlaams-Nederlandse Deltaregio (provincies Antwerpen, Noord-Brabant, West-Vlaanderen, Oost-Vlaanderen, Zeeland en Zuid-Holland) wordt beschouwd als een strategisch gebied omwille van de havens en industriële clusters in Rotterdam, Antwerpen, Zeebrugge en Moerdijk. Bovendien wordt momenteel het grootste deel van de vraag naar waterstof in Vlaanderen en Nederland bepaald door de petrochemische clusters van Antwerpen en Rotterdam. Ten tweede is er Green Octopus. Dit is een initiatief van WaterstofNet met als doel een waterstofbackbone te creëren tussen België, Nederland en Duitsland met verbindingen naar Frankrijk en Denemarken. Green Octopus wordt ook expliciet naar voren geschoven als een belangrijk programma bij de uitbouw van de waterstofeconomie in de Benelux in zowel de Vlaamse waterstofvisie als de Vlaamse waterstofstrategie. Bovendien wordt Green Octopus ondersteund door het Europese IPCEI programma (Important Projects of Common European Interest)¹⁰⁷.

Opslag van potentiële energie in de diepe ondergrond, meestal via aanleg van een diepe ondergrondse ruimte als deel van een waterkrachtproject, wordt regelmatig geopperd als een mogelijkheid, met concrete vragen voor zowel het Kempens Bekken als het Massief van Brabant. Deze initiatieven zijn echter nooit voorbij een verkennende fase geraakt, en enkel bekend uit persoonlijke communicatie.

Gezien de grensoverschrijdende veiligheidsaspecten van nucleaire energie, is ook de ontwikkeling van ondergrondse berging voor hoogwaardig en langlevend radioactief afval internationaal gekaderd (vb. Euratom). Onderzoek naar de opslagmogelijkheden in België heeft zich in het verleden voornamelijk gericht op berging in plastische kleien, die zich situeren in de ondiepere ondergrond van Vlaanderen. Andere opslagmogelijkheden, inclusief deze in de diepe ondergrond, worden niet uitgesloten, maar initiatieven gaan niet verder dan verkennende studies.

Studies buiten de context van het onderzoekslaboratorium HADES, bleven tot nu toe verkennend van aard. Dit leidde ertoe dat het Belgische typeconcept (een relatief gedetailleerd uitgewerkt

NIRAS veranderde daarop het geweer van schouder en bekijkt ondertussen de mogelijkheid voor implementatie van haar typeconcept in andere formaties. In het laatste strategische milieueffectenrapport van 2020 werd een lijst opgenomen van formaties in België die “theoretisch denkbaar” zijn voor geologische berging in horizontale galerijen (NIRAS, 2020 p. 35)⁸². Voor Vlaanderen betreft dit (NIRAS, 2020 p. 36-37)⁸²:

- Tot op heden heeft NIRAS geen experimenteel onderzoek verricht naar evaporieten, kristallijne gesteenten, argilieten of leisteen. Wat de weinig verharde klei betreft, ligt de focus tot op heden op de Boomse Klei. In beperkte mate werd door SCK CEN ook onderzoek verricht naar kleien in de Groep van Ieper, meer bepaald de Formatie van Kortrijk (NIRAS, 2020 p. 36)⁸².

De keuze van gastgesteente is dus nog niet gemaakt, en lijkt vandaag meer dan ooit open te liggen. Ervaring in het buitenland toont dat implementatie van diepe geologische berging geen evidentie is en dat de keuze van gastgesteente nooit volledig los kan gekoppeld worden van een specifieke

In Vlaanderen vinden we vandaag materiaal dat in aanmerking komt voor diepe geologische berging in hoofdzaak op twee locaties:

- ### 3.3 BEDRIJFSONTWIKKELINGEN EN TECHNOLOGISCHE INNOVATIES VOOR EEN RECHTVAARDIGE TRANSITIE NAAR EEN CIRCULAIRE ECONOMIE

Ook voor de ontwikkeling en implementatie van circulaire strategieën vormen bedrijven clusters en netwerken om hun krachten te bundelen. Een voorbeeld daarvan is 'Smart Delta Resources'. Smart Delta Resources (SDR) is een transnationaal samenwerkingsverband van grote energie- en grondstof-intensieve bedrijven in de Schelde-Deltaregio. SDR heeft een Nederlandse organisatie (SDR NL) en een Belgische organisatie (SDR Flanders) die beide samenwerken aan oplossingen voor een toekomstbestendige, duurzame industrie in de regio. Smart Delta Resources heeft vijf routes opgenomen en draagt op die manier bij tot een transitie naar zowel een koolstofarme als circulaire economie: de overstap naar CO₂-vrije waterstof, groene stroom gebruiken voor industriële processen, opvang, opslag en hergebruik van CO₂, hergebruik van restwarmte en circulaire oplossingen. Concrete plannen van de bedrijven via deze routes zijn gebundeld in de prioritaire programma's Hydrogen Delta (zie §3.1.3), Carbon Connect Delta, Spark Delta, Circular Delta en Heat Delta.

pagina 40 van 52

Hoewel er gewezen wordt naar CCS en de opslag van waterstof, lijkt het gebruik van de diepe ondergrond op die manier binnen bovenstaande initiatieven, eerder beperkt. De toepassing van diepe geothermie, lijkt daarentegen wel een opportuniteit te bieden. Er is interesse om lithium te winnen uit het zoute grondwater dat naar boven gepompt wordt bij geothermie-projecten . Het potentieel in Vlaanderen voor lithiumextractie uit diepe geothermie wordt momenteel onderzocht door HITA, met de steun van het Vlaams Agentschap Innoveren & Ondernemen (VLAIO; HITA, 2021). Deze haalbaarheidsstudie zal mee het economisch potentieel kunnen bepalen.

De voorbije decennia zijn er meer en meer hernieuwbare energiegemeenschappen tot ontwikkeling gekomen in Europa. Dergelijke gemeenschappen zijn sterk heterogeen in termen van organisatie en rechtsvorm, kunnen verschillende energie-activiteiten (productie, distributie) en energietechnologieën omvatten en ook de geografische schaal kan variëren van lokaal tot regionaal en nationaal¹¹⁶. Kenmerkend voor energiegemeenschappen is dat de deelnemers zich verenigen rond activiteiten van energie en ze niet focussen op financiële winsten, maar voornamelijk tot doel hebben sociale en milieubaten te realiseren. Verder staan energiegemeenschappen open voor de participatie van burgers. Zij zijn mede-eigenaars en hebben controle over het beheer van de organisatie. Deze participatie is open en vrijwillig. Iedereen moet op vrijwillig basis kunnen participeren in de organisatie en ook de organisatie kunnen verlaten zonder toegang tot het netwerk te verliezen¹¹⁷. De ontwikkeling van nieuwe technologieën zoals artificiële intelligentie, digitale platformen, sensoren, en de Internet of Things kan de werking van een energiegemeenschap ondersteunen door menselijk gedrag beter te vatten en te modelleren¹¹⁸.

pagina 41 van 52

De aanleg van en het aansluiten op warmtenetten van huishoudens maakt het mogelijk om op een collectieve manier te evolueren naar een koolstofarme en circulaire energievoorziening. Hiermee worden bovendien de investeringslast en eventuele risico's gespreid, waardoor een groter deel van de bevolking toegang krijgt tot hernieuwbare energie enerzijds, en beleidsdoelstellingen eenvoudiger gehaald worden anderzijds. Deze warmtenetten zijn per definitie lokaal door de beperkte transporteerbaarheid van warmte, waardoor het vaak lokale overheden zoals steden en provincies zijn die hierop inzetten. Meer zelfs, de lokale besturen wordt aangeraden om een regisserende rol op te nemen, omdat zij het dichtst aansluiten bij de lokale bevolking, ondernemingen etc., en dergelijke projecten optimaal kunnen afstemmen op de lokale noden¹²⁰. In lijn met de lokale ontwikkelingen vóór de lokale bevolking en ondernemingen worden in Vlaanderen bijvoorbeeld de geothermieprojecten in Turnhout en Herentals-Olen ontwikkeld om warmte te leveren aan naburige woonwijken. De projecten in Lommel en Merksplas zullen voornamelijk warmte voorzien voor de lokale KMO's, recreatie en industrie.

pagina 42 van 52

De betrokkenheid van gemeenschappen speelt niet alleen een rol bij de ontwikkeling van geothermie, maar evenzeer bij de ontwikkeling van projecten voor de geologische opslag van CO₂. Anders dan bij toepassingen van diepe geothermie, ondervinden lokale gemeenschappen zelf geen directe baat bij de toepassing van CCS en is het veeleer een kwestie van maatschappelijke acceptatie. Maatschappelijke acceptatie van CCS projecten kan verder gaan dan een passieve tolerantie. Projecten zullen vlugger maatschappelijk aanvaard worden wanneer gemeenschappen actief betrokken worden door hen te informeren en hen mee zeggenschap te geven bij de ontwikkeling van het project. Bovendien kunnen onenigheden en een veelheid aan meningen de ontwikkeling van een project helpen bijsturen en verrijken. Daarbij is het belangrijk om gemeenschappen zo vroeg mogelijk te betrekken, zodat ze alle informatie kunnen verwerken voordat cruciale beslissingen genomen worden. Een 'gemeenschap' kan verschillende betrokkenen inhouden: gaande van stakeholders die rechtstreeks impact ondervinden van de ontwikkeling, tot algemene belangengroepen (NGO's), of de bevolking in het algemeen.

pagina 43 van 52

4 ONTWIKKELINGSSCENARIO'S VOOR HET DUURZAAM GEBRUIK VAN DE DIEPE ONDERGROND IN EEN KOOLSTOFARME EN CIRCULAIRE ECONOMIE

Uit voorgaande hoofdstukken blijkt dat wat betreft de Vlaamse diepe ondergrond, toepassingen van diepe geothermie meer en meer tot ontwikkeling komen, geïnitieerd door onderzoeksinstellingen, individuele bedrijven, of door steden. Daarnaast wordt voor de site in Loenhout de mogelijkheid voor de opslag van waterstof onderzocht en blijven bepaalde formaties in de Vlaamse (diepe) ondergrond een mogelijke doellocatie voor de berging van langlevend en hoogradioactief afval. Hoewel activiteiten zoals winning van waardevolle grondstoffen, opslag van warmte, CO₂, grondwater of energie, en winning van koolwaterstoffen (zoals CBM, schaliegas- en schaliegascondensaten, of een combinatie hiervan) momenteel minder hoog op de agenda staan, zijn dit wel toepassingen die theoretisch gezien mogelijk zijn in de Vlaamse diepe ondergrond.

Het Kempisch Bekken lijkt daarbij een unieke geologische locatie in Vlaanderen die meer en meer in overweging genomen wordt voor toepassingen die bijdragen aan klimaatdoelen en energiezekerheid. De (nuttige) ruimte in de ondergrond is echter beperkt, wat leidt tot concurrerende toepassingen. Om beleid voor het beheren van interfererende activiteiten in de ondergrond (nadelig of gunstig) te vormen en indien nodig te prioriteren, is het essentieel om methoden te creëren voor de karakterisering van mogelijke interacties, waarbij ook rekening wordt gehouden met de bijhorende bovengrondse effecten.

Bij de ontwikkeling van deze methoden zal er expliciet rekening gehouden worden met het bestaan van geologische onzekerheden en marktonzekerheden. Marktprijzen zullen dynamisch gesimuleerd worden, rekening houdend met hun mogelijke toekomstige evolutie en de daarmee gepaard gaande onzekerheden. Geologische onzekerheden worden voor zover mogelijk geïntegreerd. Deze hebben een invloed op gesimuleerde beslissingen, maar beslissingen tot exploratie of ontwikkeling zullen ook de grootte van de onzekerheden beïnvloeden.

Hieronder wordt een eerste aanzet gegeven tot mogelijke scenario's voor het meervoudig en lange termijn gebruik van de diepe ondergrond in een koolstofarme en circulaire economie. Activiteiten in de diepe ondergrond zullen in Vlaanderen uitgevoerd worden door bedrijven waarvoor naast milieu en sociale doelstellingen, het maken van winst belangrijk is om de toepassingen te kunnen realiseren. Daarbij zullen Vlaamse en federale beleidsmaatregelen de ontwikkelingen kunnen sturen.

Om te begrijpen wat de impact van deze maatregelen is op de mogelijke ontwikkeling van de diepe ondergrond, wordt in deelrapport (D7) onderzocht (i) hoe de ondergrond zich zou kunnen ontwikkelen zonder beleid, (ii) en met beleid. Deze scenario's kunnen belangrijke inzichten leveren voor beleid, maar zijn geen voorstel voor een beleid. De verdere uitwerking van 'mogelijke beleidsvisies en de bepaling van de impacts zijn respectievelijk terug te vinden in deelrapport D4 en deelrapport D7.

4.1 NUL-ONTWIKKELINGSSCENARIO - ZONDER BELEIDSOBJECTIEF

Een nulscenario beschrijft de simulatiecontext bij afwezigheid van beleid, en mag niet verward worden met een BAU (Business As Usual) scenario, waarbij het huidige beleid en

beleidsdoelstellingen wel worden meegenomen. Een nulsценario beschrijft de economische, sociale en milieucontext, maar een sturende of corrigerende overheid is afwezig.

Het nut van een dergelijk ontwikkelingsscenario is dat het als referentiebasis fungeert voor andere scenario's. Aangezien de enige fundamentele verschillen op scenario-niveau beleid gerelateerd zijn, kan de impact van beleid één op één ingeschat worden op basis van de resultaten van de simulaties. Een nulscenario beschrijft in essentie een ongereguleerde markt. Daarom zullen de gesimuleerde beslissingen die de prognose in dit scenario opbouwen, een afweging zijn van private kosten en baten binnen geologische randvoorwaarden.

Er zal onderzocht worden in welke mate verschillende beleidsvisies een impact zouden kunnen hebben op de ontwikkeling van de diepe ondergrond in Vlaanderen. De volgende beleidsvisies zullen daarbij onderzocht worden (zie ook deelrapport DX en DX):

5 CONCLUSIE

Nu de gevolgen van de klimaatverandering meer en meer zichtbaar worden, beoogt Europa een transitie naar een klimaat-neutrale samenleving tegen 2050. Door de ontginning van fossiele brandstoffen is de rol die de diepe ondergrond speelt in de opwarming van de aarde onmiskenbaar. Daarentegen komt ze ook in beeld bij de doelstellingen en maatregelen die vooropgesteld worden bij de rechtvaardige transitie naar een koolstofarme en circulaire economie. Met de CRMA en NZI is dit momenteel op een meer ambitieuze manier het geval op het Europese niveau, en onder meer de lokale geologische context moet bepalen welke doelstellingen relevant of haalbaar zijn op Vlaamse schaal.

Dit rapport zet de diverse maatschappelijke uitdagingen voorop, en schetst het ondersteunende beleid en de relevante socio-economische ontwikkelingen op regionaal, nationaal en Europees niveau. Hieruit blijkt dat bijvoorbeeld circulaire economie meer aandacht heeft gekregen en verder ontwikkeld lijkt te zijn dan andere aspecten van een duurzaam portfolio, zoals de ontwikkeling van koolstofarme toepassingen in de ondergrond. Daarom is het noodzakelijk meer inzicht te scheppen in hoe de Vlaamse ondergrond zich zou kunnen ontwikkelen, wat de mogelijke geologische, economische, milieu-gerelateerde en sociale effecten zouden kunnen zijn, en welke invloed bepaalde beleidsvisies hebben op deze ontwikkelingen en de bijhorende effecten.

- pagina 47 van 52

Commission, 263p.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/54115/attachments/1/translations/en/renditions/native>

⁴⁴ EPRS, 2020. Critical raw materials for the EU – Enablers of the green and digital recovery. European Parliamentary Research Service, 11p. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659426/EPRS_BRI\(2020\)659426_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659426/EPRS_BRI(2020)659426_EN.pdf)

⁴⁵ Regulation (EU) 2024/1252 of the European Parliament and of the Council of 11 April 2024 establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 and (EU) 2019/1020

⁴⁶ European Council of Auditors, 2023. Special report. The EU's industrial policy on batteries. New strategic impetus needed. https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-15/SR-2023-15_EN.pdf

⁴⁷ HITA, 2021. HITA ontvangt VLAIO-steun om de haalbaarheid te onderzoeken van het winnen van lithium uit een geothermische pekel. <https://www.hita.be/nieuws/hita-ontvangt-vlaio-steun-om-de-haalbaarheid-te-onderzoeken-van-het-winnen-van-lithium-uit-een-geothermische-pekel/>

⁴⁸ Eurostat, 2022. Coal production and consumption statistics. Geconsulteerd op 31/05/2023. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Coal production and consumption statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Coal_production_and_consumption_statistics)

⁴⁹ Karakaya, E. and C. Nuur, Social sciences and the mining sector: Some insights into recent research trends. *Resources Policy*, 2018. 58: p. 257-267

⁵⁰ Prno, J., Slocombe, D., 2012. Exploring the origins of “social license to operate” in the mining sector: perspectives from governance and sustainability theories. *Resour. Policy* 37, 346–357.

⁵¹ Owen, J.R., Kemp, D., 2013. Social licence and mining: a critical perspective. *Resour. Policy* 38, 29–35.

⁵²Hilson, G., 2012. Corporate Social Responsibility in the extractive industries: experiences from developing countries. *Resour. Policy* 37, 131–137.

⁵³ Stegen, S.K., 2015. Heavy rare earths, permanent magnets, and renewable energies: an imminent crisis. *Energy Policy* 79, 1–8.

⁵⁴ Koese, M., et al., A social life cycle assessment of vanadium redox flow and lithium-ion batteries for energy storage. *Journal of Industrial Ecology*, 2023. 27(1): p. 223-237

⁵⁵ Dunlap, A. and M. Riquito, Social warfare for lithium extraction? Open-pit lithium mining, counterinsurgency tactics and enforcing green extractivism in northern Portugal. *Energy Research & Social Science*, 2023. 95: p. 102912

⁵⁶ Pai, S., K. Harrison, and H. Zerriffi. 2020. A systematic review of the key elements of a just transition for fossil fuel workers. <https://institute.smartprosperity.ca/sites/default/files/transitionforfossilfuelworkers.pdf>.

⁵⁷ Europese Commissie, 2023. EU Emission trading system (EU ETS), 2023. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en#new-emissions-trading-system-for-buildings-road-transport-and-additional-sectors. Geconsulteerd op 16 juni 2023.

⁵⁸ Europese Commissie, 2023. Development of the EU ETS (2005-2023). https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en. Geconsulteerd op 16 juni 2023.

⁵⁹ Europese Commissie, 2023. Revision for phase 4. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en. Geconsulteerd op 16/06/2023

⁶⁰ Directive 2009/29/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community (Text with EEA relevance)

⁶¹ Vlaamse Regering, 2019. Vlaamse klimaatstrategie. <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/32555>

⁶² European Commission, 2023. Effort sharing 2021-2030. Targets and flexibilities. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/effort-sharing-member-states-emission-targets/effort-sharing-2021-2030-targets-and-flexibilities_en

⁶³ Vlaamse Regering, 2023. Ontwerp Vlaams Energie -en Klimaatplan 2021-2030. https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1683894247/Vlaams_Energie-en_Klimaatplan_actualisatie_12_mei_2023_tpletf.pdf. Geconsulteerd op 17 juni 2023.

- ⁶⁴ Statistiek Vlaanderen, 2022. Broeikasgasemissies. 28/06/2022. <https://www.vlaanderen.be/statistiek-vlaanderen/milieu-en-natuur/broeikasgasemissies>
- ⁶⁵ Europese Commissie, 2023. Delivering the European green deal. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en#making-transport-sustainable-for-all
- ⁶⁶ European Commission, 2023. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology products manufacturing ecosystem (Net Zero Industry Act). https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en#making-transport-sustainable-for-all
- ⁶⁷ European Commission, 2020. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301>
- ⁶⁸ Europese Commissie, 2022. Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement, de Europese Raad, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's "REPowerEU-plan".
- ⁶⁹ Europese Commissie, 2021. Voorstel voor een RICHTLIJN VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD betreffende gemeenschappelijke regels voor de interne markten voor hernieuwbare gassen, aardgas en waterstof. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2f4f56d6-5d9d-11ec-9c6c-01aa75ed71a1.0021.01/DOC_1&format=PDF
- ⁷⁰ European Commission, 2023. Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social Committee and the committee of the regions. On the revision of the strategic energy technology (SET) plan. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/system/files/2023-10/com_2023_634_1_en_act_part1.pdf
- ⁷¹ IWG Deep geothermal, 2020. Implementation Plan. Revision 1 of the Implementation Plan endorsed on 24 January 2018 by the SET-Plan Steering Group. <https://setis.ec.europa.eu/system/files/2021-04/Implementation%20plan%20on%20deep%20geothermal%20energy.pdf>
- ⁷² Vlaamse regering, 2021. BIS-VISIENOTA AAN DE VLAAMSE REGERING. Visienota Energiearmoedep lan 2025. https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1669105223/Visienote_aan_de_Vlaamse_Regering_armoedep_lan_po9avb.pdf
- ⁷³ Vlaamse overheid, 2009. Decreet van 8 mei 2009 betreffende de diepe ondergrond. <https://www.ejustice.just.fgov.be/wet/wet.htm>
- ⁷⁴ Vlaamse Overheid, 2023. Ministerieel besluit van 2 maart 2023 over de organisatie van de calls voor het jaar 2023 voor de ondersteuning van nuttige groene warmte, de ondersteuning van restwarmte en energie-efficiënte stadsverwarming of -koeling
- ⁷⁵ NEKP. Belgisch geïntegreerd Nationaal Energie- en Klimaatplan 2021-2030. <https://www.nationaalenergieklimaatplan.be/admin/storage/nekp/nekp-finaal-plan.pdf>
- ⁷⁶ Vlaamse Regering, 2021. Ontwerp conceptnota: "visie op CCUS: koolstof afvang, hergebruik en opslag". https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1659014412/Conceptnota_-_visie_op_CCUS_-_koolstof_opvang_hergebruik_en_opslag_2021_wcj9ao.pdf
- ⁷⁷ Vlaamse Overheid, 2024. Decreet over het vervoer van koolstofdioxide via pijpleidingen in het Vlaamse Gewest (1). https://www.ejustice.just.fgov.be/cgi/article_body.pl?language=nl&caller=summary&pub_date=24-04-25&numac=2024003725
- ⁷⁸ Vlaamse Regering, 2023. Voorontwerp van decreet betreffende het vervoer van koolstofdioxide door middel van pijpleidingen in het Vlaamse gewest. Memorie van Toelichting. <https://beslissingenvlaamseregering.vlaanderen.be/document-view/6425D5558A5434FEB56573F4>
- ⁷⁹ WaterstofNet, 2020. A Flemish Hydrogen Strategy 2025-2030. https://www.waterstofnet.eu/_asset/_public/WIC/2020-12-7-Flemish-Hydrogen-Strategy_Hydrogen-Industry-Cluster.pdf
- ⁸⁰ FOD Economie, 2022. Belgisch federale waterstofstrategie. <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energietransitie/belgische-federale>
- ⁸¹ FOD Economie, 2022. Visie en strategie waterstof. Update oktober 2022. <https://economie.fgov.be/sites/default/files/Files/Energy/waterstof-visie-en-strategie.pdf>

- ⁸² NIRAS, 2020. Milieueffectenrapport (Strategic Environmental Assessment – SEA) voor het voorontwerp van koninklijk besluit tot vaststelling van het goedkeuringsproces voor de nationale beleidsmaatregelen met betrekking tot het langetermijnbeheer van geconditioneerd hoogradioactief en/of langlevend afval en tot bepaling van de beheeroplossing op lange termijn voor dit afval. NIROND-TR 2020-07 N. https://www.niras.be/sites/default/files/2020-05/2-SEA_NL-2020_DEF.pdf
- ⁸³ International Atomic Energy Agency, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, INFCIRC/546, 24 December 1997
- ⁸⁴ Council Directive 2011/70/Euratom of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste (OJ 02/08/2011 – L199/48).
- ⁸⁵ Wet van 3 juni 2014 Wet houdende wijziging van artikel 179 van de wet van 8 augustus 1980 betreffende de budgettaire voorstellen 1979-1980, wat de omzetting in het interne recht betreft van Richtlijn 2011/70/Euratom van de Raad van 19 juli 2011 tot vaststelling van een communautair kader voor een verantwoord en veilig beheer van verbruikte splijtstof en radioactief afval (BS 27/06/2014).
- ⁸⁶ Comité van het nationale programma (2015). Nationaal programma voor het beheer van verbruikte splijtstoffen en radioactief afval. Eerste editie, oktober 2015. <https://economie.fgov.be/sites/default/files/Files/Energy/Nationaal-programma-cpnpc.pdf>
- ⁸⁷ Wet van 8 augustus 1980 betreffende de budgettaire voorstellen 1979 – 1980 (1) (BS 15/08/1980) – art.179
- ⁸⁸ The Ellen Macarthur Foundation, 2023. What is a Circular Economy? <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- ⁸⁹ Vlaanderen circulair, 2023. De circulaire economie: wat is dat? <https://www.vlaanderen-circulair.be/nl/kennis/wat-is-het>
- ⁹⁰ Europese Commissie, 2020. Een nieuw actieplan voor een circulaire economie. Voor een schoner en concurrerender Europa. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0023.02/DOC_1&format=PDF
- ⁹¹ Europese Commissie, 2023. Voorstel voor een verordening van het Europees parlement en de raad tot vaststelling van een kader om een veilige en duurzame voorziening van kritieke grondstoffen te waarborgen, en tot wijziging van de Verordeningen (EU) nr. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1724 en (EU) 2019/1020. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:903d35cc-c4a2-11ed-a05c-01aa75ed71a1.0020.02/DOC_1&format=PDF
- ⁹² Vlaamse Regering, 2019. Regeerakkoord van de Vlaamse Regering 2019-2024. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/regeerakkoord-van-de-vlaamse-regering-2019-2024>
- ⁹³ Vlaamse Regering, 2016. Visie 2050. Een langetermijnstrategie voor Vlaanderen. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/visie-2050-een-langetermijnstrategie-voor-vlaanderen>
- ⁹⁴ FOD Kanselarij van de Eerste Minister - algemene directie Externe Communicatie, 2023. Modernisering van de regelgeving inzake diepzeemijnbouw. Nieuwsbericht 9 juni 2023. <https://news.belgium.be/nl/modernisering-van-de-regelgeving-inzake-diepzeemijnbouw>
- ⁹⁵ Loorbach, D., 2007. In: Transition Management: New Mode of Governance for Sustainable Development. International Books, Utrecht.
- ⁹⁶ Stephens, J.C. and S. Justo, Assessing innovation in emerging energy technologies: Socio-technical dynamics of carbon capture and storage (CCS) and enhanced geothermal systems (EGS) in the USA. Energy Policy, 2010. 38(4): p. 2020-2031.
- ⁹⁷ Manjon, M.-J., A. Merino, and I. Cairns, Business as not usual: A systematic literature review of social entrepreneurship, social innovation, and energy poverty to accelerate the just energy transition. Energy Research & Social Science, 2022. 90: p. 102624
- ⁹⁸ Ürge-Vorsatz, D. and S. Tirado Herrero, Building synergies between climate change mitigation and energy poverty alleviation. Energy Policy, 2012. 49: p. 83-90.
- ⁹⁹ Beauchamp, I. and B. Walsh, Energy citizenship in the Netherlands: The complexities of public engagement in a large-scale energy transition. Energy Research & Social Science, 2021. 76: p. 102056
- ¹⁰⁰ Montgomery, A.W., P.A. Dacin, and M.T. Dacin, *Collective Social Entrepreneurship: Collaboratively Shaping Social Good*. Journal of Business Ethics, 2012. 111(3): p. 375-388
- ¹⁰¹ Global CCS Institute. The global status of CCS: 2017; 2017. <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2018/12/2017-Global-Status-Report.pdf> [accessed 17 February 2021].

¹⁰² van Renssen S. The hydrogen solution? Nat Clim Chang 2020;10:799–801. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0891-0>.

¹⁰³ Fajardy M, Mac DN. Can BECCS deliver sustainable and resource efficient negative emissions? Energy Environ Sci 2017;10:1389–426. <https://doi.org/10.1039/C7EE00465F>.

¹⁰⁴ Sun, X., et al., Hubs and clusters approach to unlock the development of carbon capture and storage – Case study in Spain. Applied Energy, 2021. 300: p. 117418.

¹⁰⁵ Port of Antwerp-Bruges. Antwerp@C. <https://www.portofantwerpbruges.com/onze-haven/klimaat-en-energietransitie/antwerpc>. Geraadpleegd op 28 juni 2023.

¹⁰⁶ Kairos@C, 2021. About. <https://kairosatc.eu/>. Geraadpleegd op 28 juni 2023.

¹⁰⁷ WaterstofNet, 2021. Waterstof in de Deltaregio. Troeven, knelpunten, uitdagingen en faciliterende rol van de Vlaams-Nederlandse Delta. https://www.waterstofnet.eu/_asset/_public/publicaties/Waterstof-in-de-Deltaregio.pdf

¹⁰⁸ FOD Economie, 2023. 51 p. Energietransitiefonds (ETF). <https://economie.fgov.be/sites/default/files/Files/Energy/Overzicht-gesubsidieerde-projecten-energietransitiefonds.pdf>

¹⁰⁹ Commission of the European Communities, 1979. European Catalogue of Geological Formations having favourable characteristics for the Disposal of Solidified High-Level and/or Long-Lived Radioactive Wastes. Volume 2 -Belgium. p111

¹¹⁰ <https://www.euridice.be/nl/content/esv-euridice>

¹¹¹ Turcanu, C., Perko, T., Schröder, J., & Abelshausen, B. (2018). *The SCK•CEN Barometer 2018. (SCK•CEN Reports; No. BLG-1148). SCK CEN. https://roma.sckcen.be/ws/portalfiles/portal/5557330/BLG_1148_The_SCK_CEN_Barometer_2018.pdf*

¹¹² Turcanu, C., Hietala, M., Perko, T., & Hoti, F. (2021). *Public attitudes towards geological disposal: Results from the 2021 SCK CEN Barometer. (SCK CEN Reports; No. ER-0864). SCK CEN. <https://researchportal.sckcen.be/files/7513051/ResearchOutput-48673813.pdf>*

¹¹³ FANC (2011) *Advies van het FANC betreffende NIRAS documenten: ontwerp van Afvalplan en bijhorende SEA*. Nota nr.010-149N. <https://fanc.fgov.be/nl/system/files/advies-fanc-afvalplan-2011.pdf>

¹¹⁴ Butturi, M.A., et al., Renewable energy in eco-industrial parks and urban-industrial symbiosis: A literature review and a conceptual synthesis. Applied Energy, 2019. 255: p. 113825

¹¹⁵ BlueGateAntwerp, 2023. <https://www.bluegateantwerp.eu/>

¹¹⁶ Hanke, F., R. Guyet, and M. Feenstra, Do renewable energy communities deliver energy justice? Exploring insights from 71 European cases. Energy Research & Social Science, 2021. 80: p. 102244

¹¹⁷ Caramizaru, A. and Uihlein, A., Energy communities: an overview of energy and social innovation, EUR 30083 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020,ISBN 978-92-76-10713-2, doi:10.2760/180576, JRC119433.

¹¹⁸ Savelli, I. and T. Morstyn, Better together: Harnessing social relationships in smart energy communities. Energy Research & Social Science, 2021. 78: p. 102125.

¹¹⁹ Acheilas, I., F. Hooimeijer, and A. Ersoy, A Decision Support Tool for Implementing District Heating in Existing Cities, Focusing on Using a Geothermal Source. Energies, 2020. 13(11): p. 2750

¹²⁰ VVSG Netwerk Klimaat, 2022. #Warmtegids, Praktisch naar succesvolle toekomstgerichte projecten. <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/49041>

¹²¹ Nielsen, J.A.E., K. Stavrianakis, and Z. Morrison, Community acceptance and social impacts of carbon capture, utilization and storage projects: A systematic meta-narrative literature review. PLOS ONE, 2022. 17(8): p. e0272409