



Vlaanderen
is milieu



Achtergronddocument Oplossingsrichtingen voor het energiesysteem

Annex 2: Overzicht van de steekkaarten
(expertworkshop 21 november 2017)

Achtergronddocument Oplossingsrichtingen voor het energiesysteem

Annex 2: Overzicht van de steekkaarten (expertworkshop 21 november 2017)

Erik Laes, Pieter Lodewijks, Nele Renders, Marlies Vanhulsel, Pieter Vingerhoets
Sustainable Energy and Built environment (SEB)
VITO/EnergyVille

Jo Goossens, Kris Ooms
shiftN

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,
Milieurapport Vlaanderen**

April 2018

I. OPLOSSINGSRICHTING: ENERGIEBESPARING DOOR GEDRAGSVERANDERING

I.a. ONDERDEEL: GEBOUWDE OMGEVING

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De gebouwde omgeving is verantwoordelijk voor 25% van het finale energieverbruik in Vlaanderen¹: hierbij beschouwen we het eindverbruik door huishoudens en handel en diensten². Technologie, gedrag en het beleid beïnvloeden de factoren energie-efficiëntie en vergroening van de mix opdat de impact van de gebouwde omgeving afneemt. In deze fiche bespreken we de invloed van gedrag.

Het versnellen van energiebesparing in gebouwen is zeker niet alleen een kwestie van techniek; belangrijk is het doen en laten van bewoners of de gebruikers. Het zijn immers gebruikers van het gebouw die de thermostaat instellen, die de keuze maken welke nieuwe koelkast ze kopen, elektrische apparatuur aan/uit schakelen of in stand-by zetten, etc. Diverse hedendaagse technologieën zoals automatische belichting, hoge isolatiegraad van de woning, slimme thermostaten, enz. proberen de noodzaak tot gedragsverandering te beperken, vaak ten bate van het comfortniveau en het gebruiksgemak. Toch kunnen de gebruikers allerlei acties ondernemen om energie te besparen.

Naast de omgang van de gebruiker met de technologie of het gebouw, speelt ook de keuze van de gebruiker over de typologie van het gebouw (open bebouwing versus flatgebouw), de compactheid en de oriëntatie, naast de locatie (ruimtelijke ordening) ook een belangrijke rol.

In de Roadmap studie 2050 gaat men uit van volgende wijzes om de vraag naar energiediensten binnen de gebouwde omgeving te verbeteren door middel van gedragsverandering:

1. *Reduceren van warmte- en koudevraag:*

Deze vraag wordt bepaald door de gemiddelde interne temperatuur, de vraag naar warm water en de koelvraag. De roadmap scenario's dekken een range van aannames voor deze parameters:

- De vraag naar verwarming: de gemiddelde binnentemperatuur in huishoudens (gemiddelde van verwarmde en niet-verwarmde kamers in woningen) varieert van 20 °C tot 16 °C in 2050, vergeleken met 18 °C in 2010;
- De vraag naar warm water voor sanitaire doeleinden varieert van een stijging +20% tot een daling van -50% in 2050 per huishouden in vergelijking met de situatie in 2010. De vraag in de dienstensector per activiteit (toegevoegde waarde) veronderstelt men constant tot 2050;
- De vraag naar koeling in huishoudens varieert tussen +60%, tot het constant houden van het niveau van 2010 (aandeel koeling bedraagt 4% van de huishoudens). Voor commerciële gebouwen varieert het aandeel airconditioning tussen 33% tot 90% in 2050, vergeleken met 66% van de commerciële gebouwen die nu zijn voorzien van airconditioning.

2. *Urban planning:*

De compactheid van het gebouwenpark wordt in de Roadmap 2050 studie bepaald door de typologie van nieuwbouw. Meer specifiek kan het aandeel gezinnen die wonen in flats variëren van 40% tot 77% van de Belgische populatie. In stedelijk gebied, bedroeg het aandeel flats bij nieuwbouw ongeveer 75% in 2010 (België).

3. *Reduceren vraag naar elektrische apparatuur en verlichting:*

In de Roadmap 2050 studie ziet men zowel voor verlichting, witgoed als bruingoed een sterk reductiepotentieel, omwille van de technologische evoluties. In combinatie met gedragsverandering (aantal apparaten per gezin, intensiteit van gebruik) veronderstelt men dan ook volgende reducties in de scenario's:

- Verlichting: Men veronderstelt reeds in het referentiescenario (een business as usual) een afname van 40% van de energievraag naar verlichting per huishouden. Deze reductie kan verder toenemen to -70% in het meest doorgedreven scenario.
- Witgoed: Gezien enerzijds de toename in energie-efficiëntie en anderzijds de groei in aantal apparaten, veronderstelt men een status quo tot afname in energievraag van -20% in 2050 bij de Belgische huishoudens.

¹ Aernouts K., Jespers K. & Wetzels W. (2015) Energiebalans Vlaanderen 1990-2014,

https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Energiebalans_Vlaanderen_1990-2014.pdf.

² De sector handel en diensten omvat de subsectoren kantoren & administratie, onderwijs, handel, welzijn en overige dienstverlening.

- Zwartgoed: de onzekerheid omtrent de evolutie van de vraag naar kleine apparatuur is bijzonder hoog, gezien de wildgroei in aantal en type apparaten, maar ook de sterke efficiëntieverbetering. In het referentiescenario gaat men dan ook van een groei in energievraag van +12,5% bij huishoudens in 2050, en een reductie van -25% in meer doorgedreven scenario's.

Tabel 1: Status van de innovaties in de gebouwde omgeving

Innovatie	Status
Reduceren warmte- en koelvraag door gedragsverandering	Vanuit beleid wordt reductie warmte- en koelvraag sterk aangemoedigd, zoals 'Dikke Truiendag', verbod op koeling residentiële nieuwbouw. Toepassingen als smart appliances proberen de impact van gedrag terug te dringen.
Urban planning (aandeel flats nieuwbouw)	Het aandeel flats in nieuwbouw blijft toenemen, door demografische evoluties, beleidsimpulsen en toename in de verstedelijkingsgraad.
Vraag naar elektrische apparatuur en verlichting	Vanuit beleid (REG programma's) wordt vraagreductie sterk aangemoedigd; naast vervanging van oude apparatuur.

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2050
Warmte- en koelvraag	De gemiddelde binnentemperatuur in huishoudens wordt op het huidige niveau gehouden, namelijk 18 °C, de vraag naar warm water per huishouden daalt met 20% in 2050 en 20% van de Vlaamse huishoudens gebruikt effectief airconditioning in 2050.
Urban planning	Aandeel van 60% flats bij nieuwbouw door toename verstedelijking.
Vraag naar elektrische apparatuur en verlichting	Een afname in elektriciteitsgebruik per gezin van ongeveer -20% tegen 2050.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Warmte- en koelvraag, zowel residentiële als dienstensector	6 Mton CO ₂ besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 29% op de uitstoot van gebouwen (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 3,3 Mton.
Urban planning residentiële sector	1 Mton CO ₂ besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 5% op de uitstoot van gebouwen (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 0,6 Mton.
Vraag naar elektrische apparatuur en verlichting bij zowel residentiële als dienstensector	1 Mton CO ₂ besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 5% op de uitstoot van gebouwen (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 0,6 Mton.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

De impact op de uitstoot van luchtpolluenten is afhankelijk van de gebruikte brandstof voor productie van warmte en/of elektriciteit.

Samenvatting

Criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	Overwegend positief	Zie hierboven
Luchtpolluenten reductiepotentieel (pakket)	Overwegend positief	
Kost	Niet berekend	Gedragsverandering, geen eenduidige kosten aan verbonden
Andere milieueffecten	Matig positief	Verbruik water voor koeling en warm water daalt
Sociaal-maatschappelijke impact	Matig negatief	Mogelijke daling in comfortniveau



I. OPLOSSINGSRICHTING: ENERGIEBESPARING DOOR GEDRAGSVERANDERING

I.b. ONDERDEEL: TRANSPORT

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De transportsector neemt een aanzienlijke hap uit het energieverbruik en emissies in Vlaanderen. Zo was deze sector in 2014 verantwoordelijk voor 14% van het totale energieverbruik in Vlaanderen. In dat jaar, was 95% van het energieverbruik door transport afkomstig van wegverkeer. Ondanks de toenemende energie-efficiëntie van voer- en vaartuigen en het toenemend gebruik van biobrandstoffen in de transportsector, kent het energiegebruik door transport echter een overwegend stijgend verloop. Deze stijging is voornamelijk toe te schrijven aan een steeds toenemend aantal gereden kilometers op de weg. Maatregelen om de emissies en het energiegebruik van de transportsector te reduceren, kunnen inspelen op volgende drie facetten: 1. de vraag naar mobiliteit, 2. de modale keuze en 3. de energie-efficiëntie van de verschillende modi.

De **mobiliteitsvraag** is de grootste drijvende factor die het niveau van emissies en energieverbruik in de transportsector bepaald. Zowel het aantal trips als de triplengte beïnvloeden de totale mobiliteitsvraag. De mobiliteitsvraag kan gereduceerd worden door o.a. flexibele reistijden en aaneenschakeling van trips, meer tele- of thuiswerken, verdichting en/of de vermindering van verplaatsingen zonder doel.

Daarnaast is de **modale verdeling** bepalend voor de emissies en het energieverbruik. In de huidige situatie zien we dat wegtransport een groot aandeel uitmaakt in de keuze van de vervoersmiddelen bij de invulling van de mobiliteitsvraag, zowel bij personenvervoer als bij goederenvervoer. Emissiereducties en energiewinsten kunnen geboekt worden door een verschuiving naar collectief (gebundeld), multimodaal vervoer, gefaciliteerd door digitale technologieën ter bevordering van simpele en betrouwbare transfers en de koppeling van modale netwerken. Idealiter wordt individueel vervoer enkel uitgevoerd met schone voertuigen voor de laatste 'kilometer' van een trip.

De modale keuze is sterk afhankelijk van de **energie-efficiëntie** van de verschillende transportmodi. Deze energie-efficiëntie bevat naast een technologische component, ook een gedragscomponent. Zo kan de efficiëntie verhoogt worden door stijgende bezettings- en beladingsgraden en door de toepassing van ecodriving, zowel door het gebruik van ondersteunende systemen (navigatie, snelheidscontrole, cruise controle, etc.) als door brandstofbesparend rijgedrag door de bestuurder zelf. Daarnaast kunnen ITS-systemen, die buiten het voer-/vaartuig om opereren, bijdragen tot efficiëntieverhoging van wegvervoer.

Tabel 2: Status van de innovaties m.b.t. gedragsverandering in de transportsector

Innovatie	Status
Reductie mobiliteitsvraag	Voor personenvervoer zagen we een stabilisatie in het aantal personenkilometers tussen 2000 en 2006, gevolgd door een stijging vanaf 2007, uitgezonderd voor het crisisjaar 2009. Het aantal personenkilometers afgelegd met auto of moto kende een verdubbeling in de periode tussen 2000 en 2012. Daarnaast kende het aantal tonkilometers afgelegd door goederenvervoer een stijging tussen 2000 en 2008 en een enorme terugval t.g.v. de financieel-economische crisis. Naar voertuigprestaties toe, vertalen deze trends zich in een stijgend aantal voertuigkilometers tussen 2000 en 2007, een lichte terugval in de jaren na de crisis. In 2012 werden in totaal 11% meer voertuigkilometers afgelegd dan in 2000.
Modale verschuiving	Bij personenvervoer zien we reeds een verschuiving van individueel vervoer (auto en moto) naar collectief vervoer (bus, tram en trein) tussen 2000 en 2012, terwijl bij vrachtvervoer het aandeel over de weg stijgt van 75% naar 79% in dezelfde periode.
Verhoging energie-efficiëntie	Voertuigen voor professioneel gebruik zijn vaak reeds uitgerust met navigatie-, snelheidscontrole en cruiscontrolesystemen; vrachtwagenchauffeurs volgen ecodriving-opleidingen.

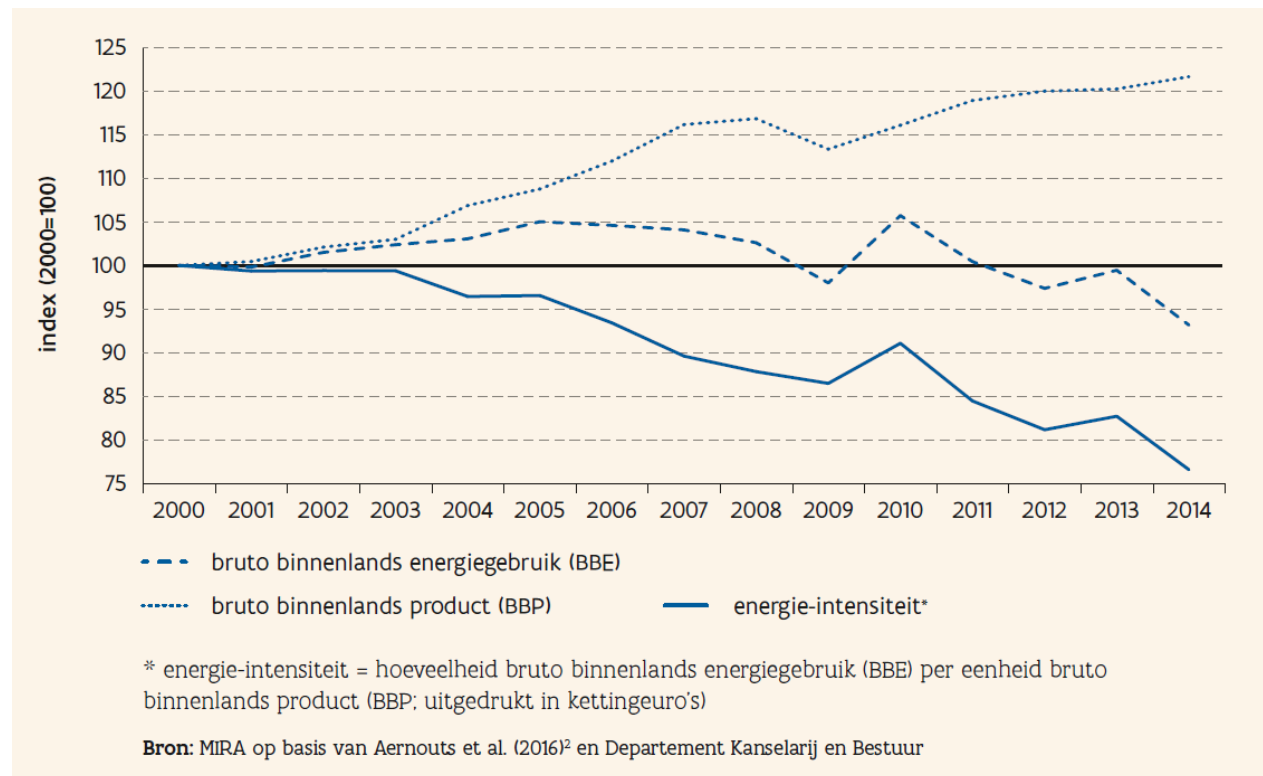
I. OPLOSSINGSRICHTING: ENERGIEBESPARING DOOR GEDRAGSVERANDERING

I.c. ONDERDEEL: INDUSTRIEEL WEEFSEL

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De maakindustrie in Vlaanderen is erg energie-intensief. De activiteiten in handel en diensten, naar toegevoegde waarde en werkgelegenheid de belangrijkste sector in Vlaanderen, zijn weinig energie-intensief en vergen slechts ongeveer een tiende van het energetische eindgebruik. Alles bij elkaar genomen bedraagt de energie-intensiteit van de Vlaamse economie ongeveer 6,5 PJ/miljard Euro in 2014 (in vergelijking met een EU-gemiddelde van ongeveer 5 PJ/miljard Euro)³. De Vlaamse economie is dus meer dan die van andere landen gevoelig voor ontwikkelingen binnen het energiesysteem.

Figuur 1: Evolutie van de energie-intensiteit in Vlaanderen



Historische data leveren ook interessante inzichten op. Figuur 1 toont dat Vlaanderen tussen 2003 en 2009 een duidelijke ontkoppeling realiseerde tussen de economische groei en het energiegebruik (de energie-intensiteit van de Vlaamse economie daalde met bijna 7% in die periode). Die verandering van de energie-intensiteit was zowel het gevolg van structurele effecten (verschuivingen van het belang van sectoren in de Vlaamse economie) als van wijzigingen in de energie-efficiëntie (bv. wijzigend energiegebruik per eenheid product of dienst, mede onder invloed van energiebeleidsovereenkomsten en benchmarkingconvenanten). De financieel-economische crisis remde die gunstige trend af in 2008 en 2009 doordat in enkele energie-intensieve industriële deelsectoren (bv. chemie) het activiteitsniveau sterker terugviel dan het totale energiegebruik. Immers, zelfs bij lagere productie moeten installaties en machines draaiende worden gehouden, moeten gebouwen worden verwarmd, opslagplaatsen gekoeld, enz. Algemeen gesproken is de energie-efficiëntie dan ook lager bij deellast of onderbezetting. Verder werden bedrijven voor nieuwe investeringen in energiebesparende technologie geconfronteerd met aangescherpte criteria voor kredietverstrekking. In 2010 werd de trend zelfs abrupt onderbroken: de energie-intensiteit van

³ De eerste bladzijde van deze steekkaart is overgenomen uit Brouwers J., Devriendt S., Van Hooste H. (2017) H.1 Energiesysteem, in 'Systeembalans 2017: Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits- en voedingssysteem in Vlaanderen. Aalst, Milieurapport Vlaanderen, Vlaamse Milieumaatschappij, pp. 18-19. Beschikbaar op http://www.milieurapport.be/Upload/main/0_topicrapporten/361312_Systeembalans2017_1energiesysteem_nieuw.pdf

Vlaanderen nam weer toe (+6% in 1 jaar), vooral door de extreem koude wintermaanden. Geholpen door enkele jaren met zachte wintermaanden en een verminderde centrale niet-hernieuwbare stroomproductie, kon in de jaren 2011-2014 opnieuw aangepikt worden bij de algemeen dalende trend. De energie-intensiteit ligt inmiddels 23% beneden het peil van 2000.

De vraag hoe ons industrieel weefsel zich de komende decennia zal ontwikkelen is o.w.v. de wisselwerking met het energiesysteem dus bijzonder relevant. Volgens sommigen zal onze economie evolueren naar een niche-economie, die zich toelegt op hoogwaardige, marktgerichte productie. In die visie verschuift het meest energie-intensieve deel van de huidige industriële productie wellicht naar andere regio's in de wereld. In dat scenario zou de energievraag van de industrie in Vlaanderen kwalitatief en kwantitatief grondig veranderen⁴. Anderen zijn dan weer van oordeel dat de tegenstelling tussen niche-economie en basisindustrie een valse tegenstelling is. Het vertrek van de basisindustrie zou daarbij ook de productie van hoogwaardige goederen, die ermee verbonden is, onder druk zetten en het geheel van de economie in een neerwaartse spiraal brengen. Omgekeerd verankert de productie van hoogwaardige producten ook de basisindustrie in onze regio. Tevens wijzen vertegenwoordigers van de energie-intensieve industrie erop dat een verplaatsing van de industriële productie naar andere regio's geen oplossing vormt voor het mondiale klimaatprobleem – integendeel zelfs, vermits de productie in die regio's minder energie-efficiënt is. Het is uiteraard koffiedik kijken welke van deze visies (of tussenvormen) het industriële weefsel in 2050 zullen bepalen. Van doorslaggevend belang hierbij is ook het gevoerde industriële beleid. Vlaanderen wil sterk inzetten op de zogenaamde "industrie 4.0"⁵. Industrie 4.0 is een verzamelnaam voor nieuwe technologieën en concepten binnen de kennis- en maakeconomie. Het verwijst in het bijzonder ook naar de doorgedreven digitalisering van de industrie die momenteel plaatsvindt. De ambitie is om voor de Vlaamse economie als gespecialiseerde kennis- en maakeconomie een sterke positie in te nemen in de nieuwe mondiale economie. De visienota vermeldt eveneens een sterke link met ontwikkelingen die leiden tot een efficiënter gebruik van materialen en energie, en met de circulaire economie.

Voor sommige industriële sectoren is het mogelijk dat in een koolstofarme economie de vraag naar hun producten wijzigt, en zich dus – in het geval van een dalende vraag – een heroriëntatie opdringt.

Verder is het in het kader van een koolstofarme economie van belang om de koolstofintensiteit van de industriële materialen en producten te verminderen. Algemeen gesproken kan dit door volgende strategieën:

- Vervangen van het materiaal of product door een ander materiaal met gelijkaardige functionaliteit maar een lagere 'carbon footprint' (op levenscyclusbasis). Basismaterialen zoals cement, hout of staal (die in vergelijking met andere materialen wereldwijd in veel grotere hoeveelheden geproduceerd worden) zullen echter moeilijk op grote schaal vervangen kunnen worden door alternatieven⁶.
- Verschuiving van verkoop van producten/materialen naar product-dienst combinaties (bv. autodelen i.p.v. individueel autobezit).
- Hergebruik en recyclage, met het circulaire economieconcept voor ogen (bv. recyclage van staal, batterijen, zonnepanelen, koolstofafvang en hergebruik (CCU), enz.).
- Ontwikkelen van nieuwe, koolstofarme productieprocedures (bv. het Hisarne-proces in de staalsector).
- Verhogen van de energie-efficiëntie van bestaande productie.

Voor inschattingen m.b.t. toepassingspotentieel en impact op duurzaamheid van deze strategieën verwijzen we i.h.b. naar volgende steekkaarten:

- Chemische sector
- IJzer- en staalsector
- Energie-efficiëntie in de overige industrie
- Raffinaderijen
- Koolstofopvang en -opslag of -hergebruik
- Productie van duurzaam biogas en biobrandstoffen

⁴ Deze paragraaf is gebaseerd op het ARGUS-rapport "Energie voor Morgen" (uitgegeven door Lannoo) uit 2014. In het kader van dit rapport werd een brede lijst van stakeholders geconsulteerd.

⁵ http://ewi-vlaanderen.be/sites/default/files/bestanden/startnota_sprong_maken.pdf

⁶ ARGUS rapport (2014), Energie voor morgen.

II. OPLOSSINGSRICHTING: ENERGIEBESPARING DOOR ENERGIE-EFFICIENTIE

II.a. ONDERDEEL: GEBOUWDE OMGEVING

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

In deze fiche behandelen we de verbetering van energie-efficiëntie op het niveau van de gebouwschil. Energie-efficiëntie kan ook verhoogd worden door een betere planning op wijkniveau, echter is dit afhankelijk van de regulering. Aangezien het aantal gesloopte energie-inefficiënte woningen tot 2050 onmogelijk in te schatten is zonder een aanvullende gedetailleerde studie rond beleidsinstrumenten en impact, wordt in deze fiche gefocust op energiebesparing in de gebouwen zelf. Sinds de invoering van de Energieprestatierichtlijn in Vlaanderen is de energieprestatie van nieuwbouw en grondige renovatie sterk verbeterd. De afgelopen 10 jaar was immers een Energieprestatie E-peil eis noodzakelijk voor nieuwe – en later ook voor grondig gerenoveerde (vergunningplichtige) – woongebouwen, scholen en kantoren. Vanaf 2017 geldt een E-peil tevens voor alle niet-residentiële gebouwen (ziekenhuizen, rusthuizen, bioscopen, winkel ...). Zowel internationaal als in Vlaanderen ontstaan steeds meer ambitieuze energieprestaties, zoals de passiefstandaard en energie-positieve gebouwen. De passiefstandaard stelt doorgedreven reductie van de energievraag⁷ voorop, door sterke aandacht voor isolatie, oriëntatie, compactheid, luchtdichting en ventilatie. Voor energie-positieve gebouwen bestaan diverse definities⁸.

Het streven naar steeds ambitieuzere energieprestaties, zoals ook vooropgesteld in het Renovatiepact 2050 voor Vlaanderen, maakt dat er specifieke renovatie oplossingen gezocht moeten worden voor complexere uitdagingen zoals koudebruggen, ventilatie, luchtdichtheid, beperkte ruimte en erfgoed⁹. Nieuwe renovatietechnieken dringen zich ook op, opdat het renovatietempo van de bestaande stock zou toenemen. Zo kent België vandaag de dag een laag renovatietempo: jaarlijks wordt ruwweg 0,5 à 1% van het bebouwde oppervlakte grondig gerenoveerd (vergunningplichtig), gezien het tempo aansluit bij natuurlijke momenten voor grootschalig onderhoud^{10,11}.

In de Roadmap studie 2050 wordt energiebesparing op niveau van de gebouwschil bepaald door zowel de renovatiegraad en -snelheid van het bestaande gebouwenpark, als door de netto energiebehoefte NEB van nieuwe gebouwen (warmtevraag). De status van deze pijlers – conform de Roadmap studie 2050 – lichten we in onderstaande tabel toe.

Tabel 3: Status van de innovaties in de gebouwde omgeving

Innovatie	Status
Renovatiegraad bestaande gebouwen	Anno 2010, bedraagt het gemiddelde finaal energieverbruik voor verwarming in de huishoudelijke sector (België) 139 kWh/m ² . In de dienstensector bedraagt dit 0,18 GWh/M€ added value. Er blijft een sterk verbeterpotentieel, waar het Vlaamse beleid tracht aan tegemoet te komen (REG premies, Renovatiepact 2050, BEN renovatie ...).
Renovatiesnelheid bestaande gebouwen	Vandaag de dag wordt 0,5-1% van bebouwde oppervlakte grondig gerenoveerd per jaar.
Netto energiebehoefte nieuwe gebouwen	Het EPB beleid geeft aan dat NEB max. 70 kWh/m ² mag bedragen voor nieuwe woningen. De invoering van S-peil zal deze eis vervangen.

⁷ Passiefstandaard impliceert o.a. dat voor het verwarmen van het gebouw mag niet meer energie verbruikt worden dan 15 kWh/m² per jaar.

⁸ GBPN (2017) Defining positive energy buildings – a spectrum approach, <http://www.gbpn.org/positive-energy-buildings/defining-positive-energy-%E2%80%93-spectrum-approach>, geraadpleegd op 28/9/2017.

⁹ WTCB (2017) Energetische renovatie: trends en innovaties,

<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact49&art=739>, geraadpleegd op 28/9/2017.

¹⁰ Enerdata (2017) Zebra2020 – Data Tool - Percentage of residential stock renovated, <http://www.zebra-monitoring.enerdata.eu/overall-building-activities/share-of-new-dwellings-in-residential-stock.html>, geraadpleegd op 28/9/2017.

¹¹ Ecofys (2016) Kwantificering van toekomstscenario's voor de gebouwde omgeving,

https://www.ecofys.com/files/files/rapport_kwantificering-van-toekomstscenarios-voor-de-gebouwde-omgeving_final.pdf

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Renovatiegraad bestaande woningen		De residentiële woningen bereiken een warmtevraag van 60kWh/m ² (lage energie woning) in 2050.
Renovatiesnelheid bestaande woningen	De renovatiesnelheid verdubbelt naar 2% per jaar.	idem
Netto energiebehoefte nieuwe woningen	Vanaf 2030 voldoen nieuwe woningen aan de passiefstandaard (15kWh/m ² warmtevraag).	idem
Gebouwen dienstensector		Reductie van de warmtevraag per eenheid toegevoegde waarde met 55% t.o.v. 2010.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Renovatie en nieuwbouw residentiële sector	6 Mton CO ₂ besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 29% op uitstoot van gebouwen t.o.v. REF (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 3,4 Mton.
Reductie warmtevraag gebouwen dienstensector	3 Mton CO ₂ besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 15% op uitstoot van gebouwen t.o.v. REF (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 1,6 Mton.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

De impact op de uitstoot van luchtpolluenten is afhankelijk van de gebruikte brandstof voor productie van warmte en/of elektriciteit.

Betaalbaarheid

CAPEX Renovatie tot op het niveau 'lage energie' (60 kWh/m²) bedraagt tussen 140€ tot 278 €2010 per m² verwarmd vloeroppervlakte (Roadmap studie 2050).

CAPEX nieuwbouw 'passiefstandaard' (15 kWh/m²): meerkost t.o.v. huidige woning bedraagt ongeveer 22€ tot 130 €2010 per m² verwarmd vloeroppervlakte (Roadmap studie 2050).

Samenvatting

Criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	Overwegend positief	Zie hierboven
Luchtpolluenten reductiepotentieel (pakket)	Overwegend positief	
Kost (CAPEX + OPEX) (per technologie)	Matig negatief	Zie hierboven
Andere milieueffecten	Matig negatief	Een verhoogde inzet (en sloop) van diverse materialen (bv. isolatie)
Sociaal-maatschappelijke impact	Matig positief	- Sterke groei van de bouwsector is mogelijk, op voorwaarde dat voldoende competente bouwvakkers beschikbaar zijn (knelpuntberoep). - Verbetering in woningkwaliteit/comfort. - Vermindering impact gebruikersgedrag op verbruik. - Weerstand (rompslomp, lange duur). - Split-incentives (kosten eigenaars vs baten huurders).

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.a. ONDERDEEL: GEBOUWDE OMGEVING

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De verduurzaming van de energievraag binnen de gebouwde omgeving kan op twee manieren gerealiseerd worden. Enerzijds door het gebruik van hernieuwbare energie die elders wordt geproduceerd. Dit heeft geen impact op de wijze waarop gebouwen worden gebouwd of ingepland. Anderzijds zullen er meer kleinschalige producenten (prosumenten) komen die energie zullen aanbieden via zonnepanelen, windturbines, WKKs, enzovoort. In deze fiche behandelen we de inzet van de duurzame technologieën zonneboilers, warmtepompen, micro-WKK en biomassa-installaties voor de verwarming van gebouwen (inclusief sanitair warm water). Fotovoltaïsche panelen, windturbines en warmtenetten komen aan bod in andere fiches.

In Vlaanderen wordt vandaag het overgrote deel van de warmte- en koudevraag ingevuld met individuele systemen. Op het niveau van het individuele gebouw, kunnen warmtepompen, zonneboilers, micro-WKK en biomassa-installaties bijdragen tot de verduurzaming van de brandstofmix voor verwarming en koeling. Een omschakeling naar elektrisch aangedreven warmtepompen kent wel een aantal randvoorwaarden. Deze pompen functioneren optimaal (hoog rendement) in woningen met een voldoende hoge isolatiegraad en lage-temperatuur distributiesystemen (zoals vloerverwarming). Het elektriciteitsnet is daarenboven niet ontworpen om op koude winterdagen gebouwen te verwarmen met warmtepompen.

In de Roadmap studie 2050 komen onderstaande technologieën aan bod (voor warmtepompen enkel de elektrisch aangedreven, en niet de gasgestookte):

Tabel 4: Status van de innovaties in de gebouwde omgeving

Innovatie	Status
Warmtepompen (elektrisch aangedreven)	Voornamelijk in de nieuwbouw, kennen warmtepompen de sterkste groei gezien de HEB verplichting, namelijk ongeveer 15,5% van de woningen met bouwvergunning uit 2014 en een ingediend EPB dossier in 2016. Daarnaast worden warmtepompen gestimuleerd via REG premies.
Micro-WKK	Zeer beperkte inzet
Biomassa installaties (pelletketel)	De evolutie van de brandstofprijzen, resulteerde in een dalende inzet van deze technologie.

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2050
Warmtepompen (elektrisch aangedreven)	60% van het gebouwenpark in België
Micro-WKK	<1% van het gebouwenpark in België
Biomassa installaties (pelletketel)	3.6% van het gebouwenpark in België

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Meer elektrificatie (warmtepompen)	8 Mton CO2 besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 6% op totale uitstoot BKG-uitstoot in België t.o.v. REF (alle sectoren, incl. elektriciteitsproductie). Geschatte besparing in Vlaanderen van 4,5 Mton.
Hogere inzet micro-WKK	Aangezien het scenario waarbij men 80% reductie in BKG nastreeft in België niet massaal op natuurlijk gas kan verwarmd worden, is het potentieel van deze technologie enigszins beperkt.
Biomassa installaties (pellet ketel)	Duurzaamheidsimpact afhankelijk van herkomst biomassa bron, belangrijke bedenkingen m.b.t. fijn stof uitstoot.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

De impact op de uitstoot van luchtpolluenten is afhankelijk van de gebruikte brandstof voor productie van warmte en/of elektriciteit.

Betaalbaarheid

Volgende investeringskosten gelden volgens de Roadmap studie 2050:

- CAPEX luchtwarmtepomp: 9000 - 12600 €2010 per huishouden.
- CAPEX grond warmtepomp: 14000 €2010 per huishouden.
- CAPEX pelletketel: 9125 - 13185 €2010 per huishouden.
- CAPEX micro-WKK: 6234 - 12468 €2010 per huishouden.

Ter vergelijking de kost van een condenserende gasketel (20 kW) werd in de Roadmap studie ingeschat tussen 4150 en 5099 €2010 per huishouden.

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	Overwegend positief	Zie hierboven
Luchtpolluenten reductiepotentieel (pakket)	Matig positief	De inzet van warmtepompen en micro-WKK leidt tot lokale reductie van luchtpolluenten; de inzet van biomassa verhoogt de fijn stof uitstoot (in vergelijking met gas).
Kost (CAPEX + OPEX) (per technologie)	Zie hierboven	Zie hierboven
Andere milieueffecten	Matig negatief	Mogelijks extra geluid door werking van warmtepomp; productie en transport van biomassa naar bedrijven heeft impact op luchtkwaliteit en (indirecte) CO ₂ -uitstoot.
Sociaal-maatschappelijke impact	Matig negatief	Problematiek van duurzame biomassa heeft potentieel een effect op het draagvlak van deze maatregel (imago & perceptie). Dimensionering en plaatsen van warmtepompen vraagt om extra opleiding van de installateurs. Warmtepompen (elektrisch) dienen bij voorkeur geplaatst te worden in woningen met deftig isolatieniveau en lage temperatuur distributie systeem. Ook is bij grootschalige inzet, vraagsturing nodig, om impact op het elektriciteitsnet te beperken.

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.b. ONDERDEEL: TRANSPORT

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De transportsector neemt een aanzienlijke hap uit het energieverbruik en emissies in Vlaanderen. Zo was deze sector in 2014 verantwoordelijk voor 14% van het totale energieverbruik in Vlaanderen. In dat jaar, was 95% van het energieverbruik door transport afkomstig van wegverkeer. Zowel in het wegvervoer als bij de overige modi wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen. Een verschuiving in de technologiemix naar ‘alternatieve’ aandrijftechnologieën en een verhoging van de energie-efficiëntie spelen zonder twijfel een significante rol in de verduurzaming van de transportsector.

Elektrificatie en hybridisatie in de transportsector bieden een groot potentieel om de directe emissies ten gevolge van transport te reduceren. De uiteindelijke (totale) impact van een verhoogde inzet van elektrische en hybride voertuigen is echter sterk afhankelijk van de manier waarop de elektriciteitssector aan de bijkomende elektriciteitsvraag tegemoet komt. Behalve in het spoorvervoer, is het huidige aandeel elektrische en hybride voertuigen eerder beperkt. Maatregelen ter stimulatie van de aankoop van alternatief-aangedreven voertuigen (bv. fiscale aftrekbaarheid van elektrische bedrijfswagens, ecopremie, vrijstelling van BIV en jaarlijkse verkeersbelasting, zero-emissiepremie) hebben momenteel nog niet het gewenste effect. De verwachte evolutie op het gebied van batterijcapaciteit en -kostprijs, in combinatie met investeringen in laadinfrastructuur, zullen ongetwijfeld de aankoop van geëlektrificeerde voertuigen wel verder stimuleren. De grootste inzetbaarheid van elektrische voertuigen wordt verondersteld bij personenwagens, bestelwagens, lichte vrachtwagens (voor stadsdistributie) en collectief personenvervoer (trein, tram en bus). Waar puur elektrische voertuigen bepaalde mobiliteitsbehoeftes niet kunnen invullen, kunnen o.a. brandstofcel en hybride voertuigen een oplossing bieden. Ook bij niet-wegtransport kunnen de emissies gereduceerd worden door het gebruik van elektriciteit als alternatieve brandstoftechnologie. Denk hierbij aan een verdere elektrificatie van het spoorvervoer en de inzet van walstroom bij binnenvaart.

Daarnaast wordt **hernieuwbare energie** aangewend in de vergroening van de transportsector. In 2014 werd reeds 5% van het energieverbruik in deze sector ingevuld door hernieuwbare energie, voornamelijk bio-diesel in het wegverkeer en groene stroom bij spoorwegverkeer. Verdere reducties van broeikasgassen in de transportsector kunnen ook in de toekomst verwezenlijkt worden door de inzet van biobrandstoffen als alternatief voor fossiele brandstoffen. Hierbij moet echter rekening gehouden worden dat het gebruik van conventionele biobrandstoffen afgetopt moet worden – omwille van het conflict met de voedselmarkt en de invloed op landgebruik –, en geavanceerde (tweede generatie) biobrandstoffen naar voren geschoven moeten worden. In de luchtvaartsector bieden biobrandstoffen bovendien één van de weinige mogelijkheden tot vergroening.

Het aantal voertuigen op **alternatieve aandrijftechnologieën** zoals aardgas en dimethylether (DME) in de huidige voertuigvloot is nagenoeg onbestaand. DME kan geïmplementeerd worden in aangepaste dieselmotoren voor vrachtwagens, terwijl aardgas zowel zijn toepassing vindt in wegtransport (CNG in kleinere voertuigen zoals personenwagens, bestelwagens en kleine vrachtwagens, LNG in de grotere categorie vrachtwagens) als in binnenvaart (LNG). Bij de uitrol van aardgas in de transportsector is het belangrijk om te bewaken dat er geen bijkomende investeringen gedaan worden in infrastructuur voor de productie van fossiele aardgas.

Wat de **energie-efficiëntie** van voertuigen betreft, merken we reeds dat voertuigen in de loop van de tijd energiezuiniger geworden zijn. Bovendien zullen oude voertuigen ‘vanzelf’ plaatsmaken voor steeds efficiëntere voertuigen, waardoor het effect van op het totale voertuigenpark ook in de toekomst nog merkbaar zal zijn.

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	9,2 Mton CO ₂ in 2050	
Luchtpolluenten reductiepotentieel (pakket)	Overwegend positief	Verbetering van de emissies van luchtpolluenten.
Andere milieueffecten	Overwegend positief	Geen lawaaihinder bij elektrische voertuigen.
Sociaal-maatschappelijke impact	Neutraal	Voertuigen met alternatieve aandrijftechnologie: duurder dan conventionele voertuigen + vaak nood aan specifieke laad-/tankinfrastructuur + mogelijk beperkte actieradius en onzekerheid over toekomstige kostenevoluties.

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.c. ONDERDEEL: FOTOVOLTAÏSCHE SYSTEMEN

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De meest gebruikte toepassing van zonne-energie zijn zonnepanelen met fotonvoltaïsche cellen. In een fotonvoltaïsche zonnecel wordt licht omgezet in elektriciteit. Hoeveel stroom een cel produceert, hangt af van hoeveel licht beschikbaar is, direct of indirect. Zonnecellen worden aan elkaar geschakeld in zonnepanelen of zogeheten PV-modules. Beleidsmatig wordt een onderscheid gemaakt tussen kleinere (particuliere of huishoudelijke) installaties ($\leq 10 \text{ kW}_p$) en grotere (niet-particuliere) installaties ($> 10 \text{ kW}_p$). Zonne-energie kende een belangrijke groei in Vlaanderen; op het einde van maart 2017 bedroeg het geïnstalleerde vermogen aan PV-installaties 2,37 GW¹². Vooral de jaren 2009-2011 kenden een sterke stijging van installaties van zonnepanelen, door de toen geldende zeer gunstige steunvoorwaarden.

Op vlak van de huidige materialen voor fotonvoltaïsche cellen zijn de voornaamste spelers multicristallijn Si en monocristallijn Si (samen vertegenwoordigen deze types ongeveer 90% van de wereldwijde markt)¹³. Monocristallijn Si heeft een hogere efficiëntie maar is ook duurder. Er wordt getracht de efficiëntie van de cellen te verhogen en de benodigde dikte te reduceren, zodat ook de kostprijs van het systeem verlaagd wordt. Multicristallijn Si-cellen hebben een gemiddelde efficiëntie van 16-17%, terwijl dit voor monocristallijn Si-cellen 20-21% is. Het IEA stelt als lange termijn-doelstelling (2030/2050) een efficiëntie van 21% voor multicristallijn Si-cellen, en 25% voor monocristallijn Si-cellen voorop.

Een innovatief concept maakt gebruik van dunne filmcellen. Deze worden gemaakt door een zeer dunne laag fotosensitief materiaal te hechten aan een drager (glas, staal, plastic). Deze technologie biedt belangrijke voordelen zoals een lagere kostprijs dan Si-gebaseerde cellen, lager materiaalgebruik, mogelijkheid tot integreren in bouwmaterialen ('building integrated PV'), enz., maar de materialen hebben tot nog toe ook een lagere efficiëntie: voor amorf Si is dit gemiddeld 10% en voor CdTe 12%. Het IEA stelt als lange termijn-doelstelling (2030/2050) een efficiëntie van 15% voor beide types voorop.

Nog innovatievere concepten maken gebruik van organisch materiaal en/of nanotechnologie om zonnecellen te fabriceren. Deze technologie biedt vooral voordelen op het gebied van materiaalgebruik. Organisch materiaal is ook qua vorm zeer flexibel en kan aangebracht worden op vrijwel elk oppervlak. Hierbij kun je denken aan dunne plastic films of zelfs verschillende lagen verf. De huidige systemen bevinden zich nog in de onderzoeksfase; momenteel hebben deze organische cellen nog een zeer lage efficiëntie.

Tabel 6: Status van de innovaties in fotonvoltaïsche systemen

Innovatie	Status
Mono- en multi-cristallijn Si-cellen	Commercieel beschikbaar, continue verbetering van efficiëntie, 'energy payback time' (momenteel ongeveer 3 jaar), hoeveelheid materiaal per W en levensduur.
Dunne filmtechnologie	Commercieel beschikbaar maar vooralsnog klein marktaandeel, continue verbetering van efficiëntie en productie.
Organische cellen, gebruik van nanotechnologie	Onderzoeksfase

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Huidige technologie	7 GW (6,3 TWh)	17 GW (15,2 TWh) (72 GW technisch potentieel)

¹² <http://www.energiesparen.be/cijfers/zonnepanelen>

¹³ Deze paragraaf is vooral gebaseerd op de PV Technology Roadmap van het Internationaal Energieagentschap, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/pv_roadmap.pdf

Het potentieel voor zonnepanelen in Vlaanderen is technisch gesproken enorm groot. Op basis van de zonnekaart Vlaanderen wordt dit ingeschat op 72 GW_p¹⁴. Dit potentieel gaat uit van de veronderstelling dat al de ideale en goed georiënteerde dakoppervlakte voor PV ook effectief wordt benut. Daarnaast is er ook nog een aanzienlijk potentieel op (spoor)wegbermen. Volgens interne VITO berekeningen kan met behulp van instelbare injectielimieten en koppeling met batterijopslag om pieken af te vlakken 50 GW geïnstalleerde capaciteit in het elektrische netwerk geïntegreerd worden. Het technisch-economische toepassingspotentieel van PV in Vlaanderen wordt dus zeer hoog ingeschat, en vormt geen limiterende factor. Het ritme waaraan dit potentieel gerealiseerd wordt is afhankelijk van het investeringsgedrag van eindgebruikers. We gaan uit van de veronderstelling dat de geïnstalleerde capaciteit in 2030 groeit tot 7 GW, en in 2050 tot 17 GW (er wordt dus verondersteld dat vanaf 2018 er jaarlijks gemiddeld een PV-capaciteit van 460 MW wordt aangelegd). Deze inschatting houdt geen rekening met de mogelijke doorbraak van nieuwe technologieën (organische cellen enz.) en is dus uiteraard erg onzeker.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Huidige technologie	3,1 Mton tegen 2050

Ervan uitgaand dat het bijkomend potentieel aan fotovoltaïsche systemen (8,7 GW) de bijkomende bouw van moderne gascentrales vervangt (met een uitstoot van ~400 g CO₂/kWh) komen we uit op een potentiële BKG besparing van 3,1 Mton voor Vlaanderen (rekening houdend met een beschikbaarheid van 897 uur/jaar).

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Het gebruik van zonnepanelen stoot uiteraard geen luchtpolluenten uit. De productie van silicium voor de kristallijne cellen is echter een energie-intensief proces. Afhankelijk van de gebruikte energiebron kan luchtpollutie het gevolg zijn.

Betaalbaarheid

Het Belgische TIMES-model gaat uit van volgende kosten in 2015 (CAPEX=investeringskost; OPEX=operationele kost): CAPEX 1000 euro/kW, OPEX 46 euro/kW.jaar.

En in 2030:

CAPEX 800 euro/kW, OPEX 46 euro/kW.jaar.

De OPEX representeren de kost voor de aansluiting van de PV-installatie en voor de eenmalige vervanging van de omvormer gedurende de levensduur van de zonnepanelen.

Uitgedrukt in LCOE wordt er dus gerekend op een productiekost van ongeveer 150 euro/MWh nu, en 130 euro/MWh in 2030 voor residentiële systemen; en ongeveer 130 euro/MWh nu, en 105 euro/MWh in 2030 voor systemen geïnstalleerd in de tertiaire sector.

¹⁴ https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/documenten/informatie-vlaanderen/producten/BVK/documenten/Meer_infoZonnekaart_2017.pdf

Samenvatting

Criterion 2050	Waarde			Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	Overwegend positief			3,1 Mton in Vlaanderen
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Matig positief			
Kost	2015	2030	2050	Veronderstelling in het Belgische TIMES-model.
CAPEX	1000	800	?	
OPEX	46	46		
Andere milieueffecten	Matig negatief			Productie van zonnepanelen is energie-intensief.
Sociaal-maatschappelijke impact	Matig positief			Groen imago, ingeburgerde technologie. Mogelijk probleem met split incentives (huurders/ verhuurders) en sociale verdelings-effecten van steunmaatregelen.

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.d. ONDERDEEL: DUURZAME BIOMASSA

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

In principe kan men elektriciteits- of warmteproductie op basis van biomassa als CO₂-neutraal beschouwen, omdat de door fotosynthese opgenomen CO₂ in de biomassa bij de verbranding opnieuw vrijkomt. Er kan echter wel CO₂ vrijkomen bij de productie en transport van biomassa (zeker over lange afstanden), en ook de voor de biomassa benodigde periode om CO₂ via fotosynthese op te nemen (de zogenaamde 'koolstofschuld') is van belang in het debat over de bijdrage van biomassa aan een koolstofarme energietoekomst. Het primaire biomassagebruik in Vlaanderen (elektriciteit + warmte) bedroeg 61 PJ (=17 TWh) in 2014.

De toekomstige inzet van biomassa moet voldoen aan duidelijke duurzaamheidscriteria voor wat betreft de productie en de technische eigenschappen van biomassa, terwijl biomassa-reststromen het principe van cascadering moeten respecteren. In het gewijzigd Energiebesluit van 12 mei 2017 heeft de Vlaamse overheid duurzaamheids-criteria vastgelegd voor installaties die elektriciteit of warmte produceren op basis van biomassa, die o.a. concurrentie met materialen voor voeding en industrie, bodemgebruik, (in)directe veranderingen in landgebruik, verbrandingsemissies, enz. in rekening brengen. Volgens het cascadeprincipe moet eerst onderzocht worden of de mogelijkheden om biomassa te hergebruiken of te recyclen in de materialenstroom (bv. houtresten als input voor de papierindustrie) een beter milieuresultaat bereiken en economisch haalbaar zijn, alvorens verbranding voor energieproductie overwogen kan worden. Bij verbranding geniet de meest efficiënte toepassing (bv. gebruik in een WKK-centrale of elektriciteitsproductie met recuperatie van restwarmte via een warmtenet) de voorkeur.

In Vlaanderen wordt momenteel vooral ingezet op de productie van biogas dat ontstaat door de vergisting van nevenproducten uit de landbouw en vergisting van organisch biologisch afval van andere sectoren, de vergisting van mest en de verbranding van droge biomassa-resten (bv. snoeihout). Tevens zijn er momenteel drie bedrijven die biodiesel produceren en twee bedrijven die bio-ethanol produceren uit voedselgewassen zoals koolzaad, maïs, graan en suikerbieten – de zogenaamde biobrandstoffen van de 1^e generatie. Omdat de productie van biobrandstoffen van de 1^{ste} generatie echter tot een beperkte (of zelfs geen) reductie van de CO₂-uitstoot leidt, en concurrentie veroorzaakt met de productie van voedingsmiddelen, worden mogelijkheden tot de productie van 2^e generatie biobrandstoffen (op basis van afvaloliën, oogstresten of houtafval) volop onderzocht. Er bestaan veel uiteenlopende routes voor de productie van energiedragers op basis van biomassa – deze worden in Tabel 7 samengevat.

Tabel 7: Status van de innovaties in duurzame biomassa¹⁵

Innovatie	Status
Verbranding van droge biomassa voor elektriciteit en warmte	Commercieel beschikbaar
Vergisting van natte biomassa tot biogas	Commercieel beschikbaar
Vergassing en synthese van droge biomassa tot methanol/groen gas/biodiesel	Demonstratie
Vergassing en synthese van droge biomassa tot bulkchemicaliën	Onderzoeksfase
Mechanische en chemische bewerking van plantaardige oliën tot biodiesel	Commercieel beschikbaar
Voorbehandeling en fermentatie van zetmeel/suikers tot bioethanol	Commercieel beschikbaar
Voorbehandeling en fermentatie van droge biomassa tot bioethanol	Demonstratie
Voorbehandeling en fermentatie van droge biomassa tot chemicaliën	Onderzoeksfase

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Totale beschikbaarheid biomassa	Max. 108 PJ (30 TWh)	Max. 162 PJ (45 TWh)

¹⁵ <http://www.pbl.nl/infographic/ontwikkelingsfasen-voor-technologie%C3%ABn-voor-bio-energie>

Het Vlaamse biomassapotentieel is gebaseerd op een studie van OVAM¹⁶. Dit potentieel bedraagt 54 PJ (15 TWh). Daarbij moet rekening worden gehouden met de gewenste cascadering: in eerste instantie zo hoogwaardig mogelijk verbruik door eerst het materiaal te hergebruiken alvorens het in te zetten als energiebron. Voor het kunnen halen van de 80 tot 95% BKG-emissiereductiedoelstelling in 2050 zal meer biomassa nodig zijn dan Vlaanderen zelf kan produceren. Er moet immers rekening gehouden worden met het feit dat groen gas en biobrandstoffen in 2050 wellicht de enige optievormen voor emissiereductie bij belangrijke energieverbruikers, zoals een deel van de warmtevoorziening voor bedrijven en vliegverkeer, en mogelijk ook zwaar transport over de weg. Dat kan betekenen dat de gewenste energiedragers (groen gas of biobrandstoffen, of de vaste biomassa zelf) moeten worden geïmporteerd. De aanwezigheid van grote havens, nabijgelegen industriële complexen en afzetmogelijkheden biedt hier kansen voor Vlaanderen. Omdat het wereldwijde potentieel aan duurzame biomassa beperkt is (en import dus niet ongelimiteerd kan plaatsvinden), is in een studie van Climact/Ecofys¹⁷ het globale biomassapotentieel verdeeld over de wereldbevolking (per capita) en op basis van de verwachte bevolking van Vlaanderen tegen 2050 is vervolgens een importpotentieel gedefinieerd. De import van biomassa loopt op tot maximaal 108 PJ (30 TWh). De (onzekerheid omtrent de) duurzaam te importeren hoeveelheid biomassa bepaalt uiteraard sterk de potentiële bijdrage van de optie. We veronderstellen dat in 2030 de helft van dit potentieel beschikbaar is.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Biomassa (totaal)	5-6 Mton in niet-ETS sectoren tegen 2050

De studie van Climact/Ecofys rekent op een reductiepotentieel van 5-6 Mton in 2050. Deze studie brengt echter enkel de niet-ETS sectoren in rekening. Voor de inzet van biomassa bij grote industriële verbruikers verwijzen we naar de steekkaarten voor de ijzer- en staalproductie en de chemische sector.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

De impact op uitstoot van luchtpolluenten is afhankelijk van de gebruikte biomassa en verbrandingstechniek. Algemeen gezien veroorzaakt de verbranding van droge biomassa de hoogste impact op uitstoot van luchtpolluenten: NO_x en stofemissies zullen hoger zijn dan voor verbranding aardgas. Die impact kan verminderd worden door de toepassing van rookgasreiniging. Biodiesel is veel minder vervuilend dan gewone petroleumdiesel. Het leidt tot een veel lagere uitstoot van quasi elke milieuverontreinigende stof: SO_x, fijn stof, CO, niet verbrand koolwaterstof. Biodiesel heeft dan wel weer een 10% hogere uitstoot van NO_x.

Betaalbaarheid

De kosten voor groen gas of biobrandstoffen worden bepaald door de investeringen en de biomassaprijs. Ze liggen hoger dan die van de fossiele varianten. De nog te verwachten prijsdaling is volgens het Nederlands Planbureau voor de Leefomgeving niet spectaculair¹⁸. De in de toekomst mogelijk geachte productiekosten zijn sterk afhankelijk van de prijs voor de biomassa, die echter niet gemakkelijk te voorzien is. De technologie bij de productie (land- en bosbouw) en het transport van biomassa heeft nog potentie voor verdere efficiëntieverbetering, maar de effecten van klimaatverandering op de landbouwproductiviteit zijn onzeker. Daarnaast wordt de prijs van biomassa bepaald door de markt. Een toenemende vraag kan tot prijsstijgingen leiden. Van afval- en reststromen zonder hergebruiksmogelijkheden is de prijs lager dan van specifiek geteelde energiegewassen, waardoor de gemiddelde prijs in de praktijk ook van de beschikbaarheid van deze stromen afhangt.

¹⁶ OVAM (2010), Inventarisatie biomassa 2007-2008

¹⁷ Climact en Ecofys (2014), Verkenning middellange termijn (2030) en lange termijn (2050) energie- en broeikasgasscenario's in Vlaanderen.

¹⁸ <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-vormgeving-van-de-energietransitie-1749.pdf>

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	5-6 Mton	In niet-ETS sectoren
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Matig negatief tot matig positief, afhankelijk van gebruikte biomassa en technologie	Hoogste uitstoot bij verbranding van vaste biomassa (hogere NO _x en stofemissies dan bij verbranding gas).
Kost	Matig negatief, afhankelijk van gebruikte biomassa en technologie	Over algemeen hoger dan fossiele varianten; betaalbaarheid beter voor afval- en reststromen.
Andere milieueffecten	Matig negatief	Duurzaamheid van biomassa moet streng bewaakt worden.
Sociaal-maatschappelijke impact	Neutraal	Duurzaamheid van geïmporteerde biomassa kan conflict veroorzaken?

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.e. ONDERDEEL: WINDENERGIE OFFSHORE

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Vermits de productie van elektriciteit op basis van windenergie berust op de omzetting van de mechanische energie uit windkracht in elektrische energie worden er geen schadelijke gassen (CO₂ of andere) uitgestoten bij de productie van elektriciteit. *Offshore* windenergie (een federale bevoegdheid) maakt gebruik van het voordeel van een gunstiger windregime op zee in vergelijking met op land. In vergelijking met het land waait de wind op zee vaker, krachtiger en minder turbulent. Op zee heeft de wind vrij spel en wordt ze niet gestoord door allerlei obstakels (gebouwen, bossen, enz.). Vandaag is al 877 MW offshore windenergie operationeel; op basis van de al toegekende domeinconcessies zal daar tegen 2020 nog 1.235 MW aan toegevoegd worden.

Op het technologisch gebied vermeldt IRENA¹⁹ vooral het grote innovatiepotentieel op gebied van turbine-technologie (*offshore* windmolens van 15 MW zouden tegen 2030 commercieel beschikbaar zijn – in vergelijking met een maximale grootte van 8-9 MW voor de huidige turbines) en op het gebied van installatie (opbouw van windmolens aan land en vervolgens transport met sleepboten, of later vlottende funderingen die toelaten om de windmolens steeds verder op zee te installeren). Naar verwachting zullen de productiekosten van *offshore* windenergie in de komende jaren nog dalen, als gevolg van groeiende ervaring, de toegenomen competitie, schaalvoordelen door grotere turbines en grotere projecten, en een verlaagd risico wat leidt tot het aanrekenen van lagere risicopremies door financiële instellingen.

Tot nu toe zijn de verschillende windmolenparken in de Noordzee elk afzonderlijk op het landnet aangesloten. De ontwikkeling van een modulair net of ‘stopcontact op zee’ houdt in dat de windmolenparken aangesloten worden op een hoogspanningsstation dat op een platform in zee kan worden gebouwd. Op lange termijn zal dit modulaire net dan worden aangesloten op een internationaal platform door middel van gelijkstroomverbindingen, waarmee grotere vermogens op langere afstanden vervoerd kunnen worden (dit wordt besproken in het North Sea Countries’ Offshore Grid Initiative)²⁰. Een dergelijk internationaal platform zal ook toegang bieden aan andere types energie (zoals bv. hydraulische energie uit Scandinavië), die ingezet kan worden als er onvoldoende wind is op de Noordzee. Met deze verbindingen kan windenergie ook opgeslagen worden in daarvoor voorziene infrastructuur. Dit nieuwe net in de Noordzee zal dus zelfs bij windstilte de bevoorradingszekerheid kunnen verzekeren.

Tabel 8: Status van de innovaties in offshore windenergie

Innovatie	Status
Turbinetechnologie	Continue verbetering, naar verwachting 15 MW turbines beschikbaar in 2030.
Installatie	Vlottende fundering naar verwachting commercieel beschikbaar in 2020.
Interconnectie	‘Stopcontact op zee’ in ontwikkeling (ELIA + betrokken stakeholders) Tegen 2030 ontwikkeling van internationaal platform (interconnectie van windmolenparken van 10 landen rond de Noordzee).

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Offshore windenergie	3,8 - 4,3 GW (Belgisch deel Noordzee) (14,0 - 15,9 TWh)	5,5 - 7,0 GW (Belgisch deel Noordzee) (20,3 - 25,9 TWh)

Het potentieel voor 2030 wordt ingeschat door het Belgische offshore platform. De Roadmap studie houdt rekening met een technisch potentieel (op het Belgische deel van de Noordzee) van 16,8 GW. Het ‘core’ scenario houdt rekening met de ontwikkeling van 5,5 - 7,0 GW *offshore* in de transitie naar een koolstofarme Belgische economie.

¹⁹ https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Innovation_Outlook_Offshore_Wind_2016.pdf

²⁰ <https://www.entsoe.eu/about-entso-e/system-development/the-north-seas-countries-offshore-grid-initiative-nscogi/Pages/default.aspx>, geraadpleegd op 23/10/2017.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Offshore windenergie	6,8 - 9,0 Mton CO ₂ (België) in 2050. Geschatte besparing van 4,4 - 5,9 Mton CO ₂ in Vlaanderen.

Ervan uitgaand dat het bijkomend potentieel aan *offshore* windenergie tussen nu en 2050 (4,6 - 6,1 GW) de bijkomende bouw van moderne gascentrales vervangt (met een uitstoot van ~400 g CO₂/kWh) komen we uit op een potentiële BKG besparing van 6,8 - 9,0 Mton voor België. Voor Vlaanderen betekent dit een reductie van 4,4 tot 5,9 Mton (op basis van 65% elektriciteitsverbruik in Vlaanderen t.o.v. België).

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Vermits een moderne gascentrale een zeer lage uitstoot heeft van andere luchtpolluenten (NO_x uitstoot << 25 ppm) biedt *offshore* windenergie hier geen significante verbetering.

Betaalbaarheid

Het Belgische TIMES-model gaat uit van volgende kosten in 2015 (CAPEX=investeringskost; OPEX=operationele kost):
Geïnstalleerde capaciteit < 2,2 GW: CAPEX 2000 euro/kW, OPEX 80 euro/kW.jaar.

En in 2030:

Geïnstalleerde capaciteit < 2,2 GW: CAPEX 1800 euro/kW, OPEX 63 euro/kW.jaar.

Geïnstalleerde capaciteit > 2,2 GW: CAPEX 2300 euro/kW, OPEX 63 euro/kW.jaar.

De hogere kost voor de geïnstalleerde capaciteit >2,2 GW is gebaseerd op het feit dat, ondanks dalende kosten voor de windturbines zelf, de totale kost toch hoger zal uitvallen vermits deze bijkomende capaciteit steeds verder in de zee gebouwd zal worden.

Uitgedrukt in LCOE wordt er dus gerekend op een productiekost van ongeveer 65 euro/MWh nu, en 60-70 euro/MWh in 2030.

Samenvatting

criterium 2050	Waarde			Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	4,4 - 5,9 Mton CO ₂ (Vlaanderen)			In vergelijking met gascentrale
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Neutraal			In vergelijking met gascentrale
Kost	2015	2030	2050	Veronderstelling in het Belgische TIMES-model
CAPEX	2000	1800-2300	?	
OPEX	80	63		
Andere milieueffecten	Overwegend positief			
Sociaal-maatschappelijke impact	Overwegend positief			NIMBY speelt niet bij <i>offshore</i> windenergie ²¹ . Maatschappelijke weerstand kan ontstaan bij oversubsidiëring van windmolenparken (toekennen van teveel steun in verhouding tot wat nodig is om een project levensvatbaar te maken).

²¹ www.belgianoffshoreplatform.be/nl/news/opiniepeiling-belgen-massaal-voor-meer-windenergie-op-zee-om-klimaatdoelstelling-te-halen-meta-name-generator-content-bolt-link, geraadpleegd op 7/9/2017.

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.f. ONDERDEEL: ONSHORE WINDENERGIE

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Vermits de productie van elektriciteit op basis van windenergie berust op de omzetting van de mechanische energie uit windkracht in elektrische energie worden er geen schadelijke gassen (CO₂ of andere) uitgestoten in de productiefase. Aangespoord door de Europese Richtlijn 2009/28/EG (richtlijn ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen), die aan de Europese lidstaten bindende doelstellingen oplegt voor het aandeel hernieuwbare energie in het bruto eindverbruik van energie, werd de productie van windenergie op land door de Vlaamse regering sinds 2001 gestimuleerd via een systeem van groenestroomcertificaten. Het vermogen aan geïnstalleerde windturbines op land (> 300 kW) is hierdoor fors toegenomen, tot 889 MW in 2016. Windenergie op land neemt hiermee de derde plaats in op het gebied van hernieuwbare elektriciteitsproductie, na zonne-energie en biomassa.

Naast de grote windturbines zijn er in Vlaanderen ook een twintigtal kleinere windturbines (<300 kW) geïnstalleerd, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van ongeveer 250 kW in 2015²². Deze kleinere windturbines worden vooral op daken van KMOs en landbouwbedrijven geïnstalleerd. In vergelijking met de grote windturbines (die gebruik maken van de hogere windsnelheden op grote hoogte) is het rendement van deze kleinere turbines beperkt. Ook moet rekening gehouden worden met mogelijke vergunningsproblemen bij toepassing dichtbij een woonomgeving.

De belangrijkste technologische innovaties in onshore windenergie betreffen vooral een verbetering in de rotortechnologie (nieuwe materialen, verbeterde aërodynamica, enz.) en verbeterde componenten en bouwtechnieken die resulteren in lagere onderhoudskosten²³. De technologische innovaties zorgen voor een opschaling van *onshore* windturbines naar steeds grotere masthoogtes en rotordiameters, met bijgevolg een grotere opbrengst. De Duitse industrie-federatie AGORA schat dat hierdoor kostenreducties van 5-25% mogelijk zijn tegen 2025. Volgens een expertbevraging (geciteerd door AGORA) zouden tegen 2050 kostenreducties van gemiddeld 35% haalbaar zijn, hoewel dit getal uiteraard erg onzeker is.

Tabel 9: Status van de innovaties in onshore windenergie

Innovatie	Status
Turbine-technologie	Continue verbetering, leidend tot kostenreducties van 5-25% in 2025, en potentieel 35% in 2050.

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Onshore wind (totaal)	3,6 GW (7,5 TWh)	4,4 - 4,8 GW (9,2 - 10,1 TWh)

Het toepassingspotentieel voor Vlaanderen wordt ingeschat in de studie “Hernieuwbare energieatlas Vlaamse gemeenten” van VITO voor verschillende scenario's²⁴.

1. Het ‘technisch-theoretische potentieel’. Dit scenario vertrekt van gans Vlaanderen en sluit enkel ongeschikte gebieden (zoals residentiële zones voor windenergie) uit. Dit vormt altijd een overschatting van het werkelijk realiseerbare potentieel.
2. Het ‘Ruimtelijk potentieel’ scenario vertrekt vanuit een andere benadering. In plaats van zich te baseren op het totale potentieel en dan de ongeschikte gebieden uit te sluiten, wordt gestart vanuit positieve randvoorwaarden. Voor windenergie zijn onder andere mogelijkheden langs bedrijventerreinen en snelwegen.

²² https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Inventaris_hernieuwbare_energiebronnen_Vlaanderen_2005-2015.pdf

²³ https://www.agora-energiwende.de/fileadmin/Projekte/2017/Future_Cost_of_Wind/Agora_Future-Cost-of-Wind_WEB.pdf

²⁴ http://www.vlaamseklimaatop.be/sites/default/files/atoms/files/Hernieuwbare_atlas_Vlaamse_gemeenten_finaal_v2016092_1.pdf

De VITO studie identificeert een technisch-theoretisch potentieel van 31,4 GW aan grote turbines (met een gemiddelde grootte van 2,3 MW) en 19,7 GW kleine turbines (met een gemiddelde grootte van 0,3 MW). Het ruimtelijk potentieel sluit wellicht beter aan bij wat realistisch haalbaar is in het erg verstedelijkte Vlaanderen. Dit potentieel wordt voor alle *onshore* windenergie samen ingeschat op 4,4 - 4,8 GW. We rekenen dit als het potentieel op lange termijn (2050). Dit potentieel houdt evenwel enkel rekening met ruimtelijke beperkingen maar bv. niet met economische haalbaarheid of maatschappelijk aanvaardbaarheid. Voor het potentieel op middellange termijn (2030) houden we rekening met het windplan 2020, wat de bouw veronderstelt van 205 MW *onshore* windenergie per jaar tot 2020. Als we deze trend doortrekken tot 2030 komen we uit op 3,6 GW.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Onshore wind (totaal)	2,9 - 3,3 Mton in 2050

Ervan uitgaand dat het bijkomend potentieel aan *onshore* windenergie tussen nu en 2050 (3,5 - 3,9 GW) de bijkomende bouw van moderne gascentrales vervangt (met een uitstoot van ~400 g CO₂/kWh) komen we uit op een potentiële BKG besparing van 2,9 - 3,3 Mton voor Vlaanderen (op basis van gemiddeld 2096 vollasturen).

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Vermits een moderne gascentrale een zeer lage uitstoot heeft van andere luchtpolluenten (NO_x uitstoot << 25 ppm) biedt *onshore* windenergie hier geen significante verbetering.

Betaalbaarheid

Het Belgische TIMES-model gaat uit van volgende kosten in 2015 (CAPEX=investeringskost; OPEX=operationele kost): CAPEX 1200 euro/kW, OPEX 27 euro/kW.jaar.

En in 2030:

CAPEX 1050 euro/kW, OPEX 24 euro/kW.jaar.

Uitgedrukt in LCOE wordt er dus gerekend op een productiekost van ongeveer 62 euro/MWh nu, en 58 euro/MWh in 2030.

Samenvatting

criterium 2050	Waarde			Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	2,9 - 3,3 Mton CO ₂			In vergelijking met gascentrale.
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Neutraal			In vergelijking met gascentrale.
Kost	2015	2030	2050	Veronderstelling in het Belgische TIMES-model.
CAPEX	1200	1050	?	
OPEX	27	24		
Andere milieueffecten	Overwegend positief			Mogelijk negatieve impact (geluid, slagschaduw, horizonvervuiling enz.) wordt ingerekend in ruimtelijke planning.
Sociaal-maatschappelijke impact	Neutraal			NIMBY effect mogelijk. Maatschappelijke weerstand kan verminderen door participatie van lokale bewoners in windmolenparken aan te moedigen.

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.g. ONDERDEEL: KERNENERGIE

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Historisch gezien heeft België in de naoorlogse periode vooral ingezet op kernenergie om aan de snel groeiende elektriciteitsvraag te voldoen. In de periode 1975-1985 werden 7 kerncentrales in dienst genomen: 4 in Doel en 3 in Tihange, goed voor een totale capaciteit van 5,9 GW. Die nucleaire capaciteit is nog steeds belangrijk in de productiemix in België; in Vlaanderen schommelde het aandeel van kernenergie in de totale netto stroomproductie de laatste 20 jaar rond de 45% (met tijdelijk lagere aandelen in de periode 2012-2015 door de onvoorziene tijdelijke sluitingen van Doel 3 en 4).

Vermits de opwekking van elektriciteit in kerncentrales gebeurt op basis van de warmte die vrijkomt in een kernsplijtingsproces (die warmte wordt aangewend om stoom te produceren, die vervolgens via een turbine en generator in elektriciteit wordt omgezet), is de elektriciteitsproductie zelf CO₂-vrij²⁵. Vanuit de bredere duurzaamheidsoptiek bekeken vormt kernenergie de inzet van een gepolariseerd debat, waarbij tegenstanders wijzen op het uitblijven van een beslissing m.b.t. de berging van het hoogradioactief afval, het risico op een ongeval met catastrofale dimensies (en de beperkte aansprakelijkheid van de exploitant in geval zich een kernongeval voordoet), en de proliferatieproblematiek. De recente invraagstelling van het bergingsconcept voor het hoogradioactief afval (berging op 200 meter diepte in de kleilaag onder Mol) creëert tevens een bijkomende onzekerheid m.b.t. de financiering van de nucleaire afvalberging. Deze financiering gebeurt via het Fonds voor de Lange Termijn, waarin de afvalproducenten geld storten voor de toekomstige berging. In 2014 bedroegen de nucleaire voorzieningen 7,635 miljard euro. Ruim 3,1 miljard euro daarvan is bestemd voor de afbraak van kerninstallaties, de rest voor het beheer van de hoogradioactieve, uitgewerkte kernbrandstof.

De huidige kerncentrales zijn centrales van de '2^e generatie' (de 1^e generatie betreft de prototypes die in de jaren '50 en '60 van de vorige eeuw werden gebouwd). De 3^e generatie bestaat uit een evolutionaire doorontwikkeling van de 2^e generatie; er zijn momenteel in Europa twee van dergelijke centrales in opbouw (o.a. in Flamanville, Frankrijk en Olkiluoto, Finland). De bouw van deze centrales loopt echter aanzienlijke vertragingen op en de kosten lopen aanzienlijk op. De term 4^e-generatie reactoren is gereserveerd voor reactoren die revolutionair verschillen van de tweede en derde generatie reactoren door bijvoorbeeld het gebruik van andere koelmiddelen. Deze 'revolutionaire' reactoren zouden voordelen op het gebied van een betere benutting van splijtstof, minder productie van hoogradioactief afval, betere veiligheid, enz. maar bevinden zich nog in een demonstratiefase en de commerciële toepasbaarheid is erg onzeker.

Tabel 10: Status van de innovaties in kernenergie

Innovatie	Status
Nieuwe centrale van 3 ^e generatie	Commercieel beschikbaar maar geen plannen in België.
Centrale van 4 ^e generatie	Ontwikkeling en demonstratie nodig; wellicht na 2050.

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Levensduurverlenging	2 GW ?	-

De wet op de kernuitstap uit 2003 bepaalt dat geen nieuwe kerncentrales voor industriële elektriciteitsproductie mogen worden gebouwd, en dat de bestaande kerncentrales gesloten worden wanneer ze 40 jaar oud zijn. Volgens de wet uit 2003 moesten de oudste drie reactoren (Doel 1 en 2, en Tihange 1) in 2015 sluiten en de jongste (Doel 4 en Tihange 3) in 2025; Doel 3 en Tihange 2 zouden respectievelijk in 2022 en 2023 gesloten worden. Uit vrees dat de bevoorradingszekerheid in het gedrang zou komen (en mede door het uitblijven van een breed gedragen alternatief investeringsplan), heeft de Belgische overheid echter beslist de operationele werkingsduur van die eerste drie centrales met 10 jaar te verlengen, wat maakt dat de volledige kernuitstap nu geconcentreerd wordt in de periode

²⁵ Wanneer men de CO₂-uitstoot bekijkt over de hele splijtstofcyclus, via de fossiele energie die gebruikt wordt tijdens de winning van het uraniumerts, de omzetting van uraniumoxide naar uraniumhexafluoride, en de verrijking van het uranium tot brandstof, dan blijkt dat kernenergie niet helemaal CO₂-vrij genoemd kan worden.

2022-2025. In België is vooralsnog niemand vragende partij om nieuwe kerncentrales te bouwen, we nemen deze optie dan ook niet op in het toepassingspotentieel.

Het kernenergie debat spitst zich vandaag vooral toe op de vraag om een gedeelte van de nucleaire capaciteit ook na 2025 operationeel te houden. Sommige actoren houden bv. een pleidooi om na 2025 2 GW aan nucleaire capaciteit uit de jongste kerncentrales (Doel 4 en Tihange 3) beschikbaar te houden. Volgens het StudieCentrum voor Kernenergie kan de levensduur van de oudste centrales (Doel 1 en 2, Tihange 1) in 2025 een tweede keer met tien jaar worden verlengd. Doel 4 en Tihange 3 zouden zelfs 80 jaar en langer elektriciteit kunnen opwekken. De deelnemers aan de expertworkshop vonden dit echter een zeer onrealistische optie.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Levensduurverlenging (2 GW)	5,6 Mton tot 2030. Andere milieueffecten zijn negatief: het risico op een grootschalig ongeval; onzekerheid rond oplossing (concept en financiering van) hoogradioactief afval.

Ervan uitgaand dat het bijkomend potentieel aan kernenergie (2 GW) de bijkomende bouw van moderne gascentrales vervangt (met een uitstoot van ~400 g CO₂/kWh) komen we uit op een potentiële BKG besparing van 5,6 Mton voor België (rekening houdend met een beschikbaar van 80% voor oude kerncentrales).

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Vermits een moderne gascentrale een zeer lage uitstoot heeft van andere luchtpolluenten (NO_x uitstoot << 25 ppm) biedt kernenergie hier geen significante verbetering.

Betaalbaarheid

Het Belgische TIMES-model gaat ervan uit dat een investering van 1000 euro/kW nodig is voor een levensduurverlenging van 10 jaar. Volgens ramingen van NIRAS zou de nucleaire afvalberging (op een diepte van 200 m) 3,2 miljard euro kosten plus 360 miljoen kosten voor onderzoek en ontwikkeling. Als die denkpiste sneuvelt, moet er rekening worden gehouden met scenario's waarin het hoogradioactieve afval veel dieper opgeslagen moet worden. Volgens ramingen van NIRAS kost een berging op 400 meter diepte ongeveer 50% meer. De uitbaters van de kerncentrales zijn vandaag wettelijk verplicht voldoende geld opzij te zetten voor de berging en het beheer van het kernafval. De regelgeving bepaalt ook dat de uitbaters niet meer aangesproken kunnen worden als de installaties niet meer operationeel zijn. Aangezien de kernuitstap momenteel gepland is voor 2025, betekent dat dat er nog slechts acht jaar rest om de rekening van de langetermijnberging te doen kloppen. De belastingbetaler riskeert mee te moeten betalen, als na 2025 blijkt dat definitieve berging van het hoogradioactief kernafval veel meer kost.

Recent heeft het Federaal Planbureau berekend dat een verlengde nucleaire elektriciteitsopwekking weliswaar een neerwaartse impact heeft op de groothandelsprijzen op de elektriciteitsmarkt, maar bijgevolg ook een bijkomende hinderpaal kan betekenen voor de energietransitie²⁶. Lagere groothandelsprijzen belemmeren immers de opschaling van investeringen in hernieuwbare energiebronnen en in energie-efficiënte technologie.

²⁶ Devogelaer D. & Laine B. (2016) Drivers of wholesale electricity prices in a small, open economy - Some evidence from the nuclear restart in Belgium. Federal Planning Bureau, Working paper 9-16, October 2016.

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.h. ONDERDEEL: KOOLSTOFOPVANG EN -OPSLAG OF -HERGEBRUIK

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Op de lange termijn is de enige optie om fossiele elektriciteitsproductie koolstofarm te maken de inzet van koolstofopvang en -opslag (CCS) of -hergebruik (CCU). Zoals vermeld in zowel de "Routekaart naar een koolstofarme economie in 2050" (COM(2011) 112) als in de "Energie-routekaart 2050" (COM(2011) 885) voorziet de Europese Commissie een belangrijke rol voor CCS in de strijd tegen de uitstoot van broeikasgassen. CCS-demonstratieprojecten in de EU lopen echter vertraging op als gevolg van moeilijke financiering, technische problemen en onzekerheden op regelgevend vlak²⁷. Koolstofopvang kan in principe ingezet worden bij grote puntbronnen van CO₂-uitstoot, zoals elektriciteitscentrales, maar ook energie-intensieve industrieën. In Vlaanderen komen vooral de chemie, raffinaderijen en de ijzer- en staalproductie in aanmerking. Een constante voor elk van de mogelijke opvangtechnologieën is het hoge energieverbruik. In sommige gevallen komt daar nog een hoog verbruik aan chemicaliën bij. Dit maakt het afvangen van CO₂ uit verdunde rookgassen duur, en bovendien beïnvloedt de afvang de efficiëntie van de elektriciteitsproductie. Vlaanderen zet wel actief in op de ontwikkeling van CCU-technologie²⁸. Met behulp van CCU-technologie wordt CO₂ niet langer een afvalstroom maar een grondstof voor industriële toepassingen, bv. in de voedingsindustrie, in productieprocessen van de chemische industrie en voor de aanmaak van brandstoffen. Hieronder lijsten we de mogelijke innovaties op voor CCS en CCU, die momenteel door de Vlaamse industrie als kansrijk worden gezien.

Tabel 11: Status van de innovaties in koolstofopvang en -opslag (CCS) of -hergebruik (CCU)

Innovatie	Status
Koolstofafvang en -opslag (CCS)	Nog niet actief in België
Omzetting CO/CO ₂ naar ethanol	Demonstratie voorzien bij Arcelor Mittal, nog niet actief
Omzetting CO ₂ naar methanol	Plannen voor demonstratie in Haven van Antwerpen
Omzetting CO ₂ naar <i>single cell proteins</i>	Demonstratie in Nederland, met inzet Vlaams bedrijf
Carbonatatie	Semi-commercieel
Omzetting CO ₂ naar methaan	Demonstratie
Omzetting CO ₂ naar algen	Operationeel

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

In een studie in opdracht van LNE²⁸ werden volgende theoretische toepassingspotentiëlen voor de meest veelbelovende CCU innovaties berekend:

- Omzetting CO₂ naar methanol: Indien de gehele methanol import van de Antwerpse Haven vervangen wordt door methanol uit Power-to-methanol, is 420 kton/jaar CO₂ nodig voor de productie van 305 kton methanol/jaar. Dit zou < van de wereldmarkt betekenen.
- Omzetting CO/CO₂ naar ethanol: Ter vereenvoudiging wordt ervan uitgegaan dat 50% van alle gassen van ArcelorMittal-Gent die nu in de elektriciteitscentrale Knippegroen als brandstof gebruikt worden, ingezet zouden kunnen worden voor productie van ethanol. Op die manier zou 708 kton CO ingezet worden voor een productie van 165 kton ethanol/jaar (<1% van de wereldmarkt).
- Omzetting CO₂ naar algen: De productie van de micro-algen vindt plaats in een gesloten fotoreactor (vlakkeplaatreactor) omgeven door een waterbuffer, vervaardigd uit dunne plasticfolie (concept van het bedrijf Proviron op Hoge Maey, Antwerpen). Elementen die algen nodig hebben om te groeien zijn: nutriënten (aanwezig in bv. afvalstromen), CO₂, warmte (bij voorkeur restwarmte) en ruimte. Om niet teveel in competitie te treden met de landbouw, werd 1% van alle cultuurgrond (6181 ha) in beschouwing genomen. In dat geval kan in Vlaanderen 43,6 kton biomassa/jaar geproduceerd worden. Dit is een factor 1,5 groter dan de huidige wereldmarkt voor larvale voeders voor vis- en garnaalkwekerijen.
- Carbonatatie: Slakkenzand van de metaalindustrie wordt in Genk en Gent geproduceerd voor samen ca. 1 Mton/jaar. In combinatie met deze totale hoeveelheid staalslak kan ca. 1 Mton bouw materiaal geproduceerd worden.

²⁷ <https://euobserver.com/investigations/139257>, geraadpleegd op 14/9/2017.

²⁸ www.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu

De huidige industriële vraag naar CO₂ wordt in verschillende studies geschat rond de 200Mton, bijvoorbeeld 222Mton²⁹ wereldwijd. Op een totale broeikasgas emissie van 4452Mton CO₂eq in 2015³⁰ is dit eerder beperkt, desalniettemin blijft koolstofafvang en hergebruik een belangrijke factor voor het bereiken van een koolstofarme of -vrije maatschappij. Wat de ondergrondse opslag van CO₂ betreft (CCS) is het potentieel in Vlaanderen klein. Mocht deze optie in Vlaanderen ingang vinden dan zal waarschijnlijk gebruik moeten gemaakt worden van opslagmogelijkheden in het Britse, Nederlandse of Noorse deel van de Noordzee (opslag in lege gasvelden).

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Omzetting CO ₂ naar methanol	420 kton/jaar
Omzetting CO/CO ₂ naar ethanol	300 kton/jaar (in vergelijking met huidige elek. mix)
Omzetting CO ₂ naar algen	36 kton/jaar
Carbonatatie	96 kton/jaar vastgelegd; 184 kton vermeden bij productie cement

Deze cijfers zijn overgenomen uit bovenstaande studie in opdracht van LNE.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Afhankelijk van specifiek proces. Meer onderzoek is nodig.

Betaalbaarheid

Schattingen over de evolutie op langere termijn voor het afvangen van CO₂ wijzen in de richting van 30 tot 35 euro per ton vermeden CO₂ voor steenkoolcentrales en 66 tot 90 euro per ton voor gasgestookte centrales³¹. Op dit moment liggen de kosten echter enkele tientallen euro hoger. Kosten voor het afvangen van CO₂ uit industriële installaties variëren vandaag tussen 30 en 80 euro per ton. Een vergelijking met de huidige koolstofprijs op de ETS-markt die rond de 5 euro per ton CO₂ schommelt leert al snel dat deze technologie (zonder bijkomende steun) commercieel gezien nog niet levensvatbaar is. Inkomsten uit eventueel veel hoger gewaardeerde CO₂-emissierechten dan vandaag kunnen vanzelfsprekend een doorslaggevende factor worden voor de meeste technologieën indien de Europese wetgeving het mogelijk maakt om vermeden CO₂-emissie wel in mindering te brengen.

Samenvatting

Criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	Afhankelijk van proces	Zie tabel "uitstoot van BKGs".
Luchtpolluenten reductiepotentieel (pakket)	-	Meer onderzoek nodig.
Betaalbaarheid	Afhankelijk van proces	Algemeen gezien zullen inkomsten uit CO ₂ -emissierechten meestal doorslaggevend zijn.
Andere milieueffecten	Afhankelijk van proces	CCU proces liefst zo dicht mogelijk bij CO ₂ -bron lokaliseren om milieu-impact te vermijden.
Sociaal-maatschappelijke impact	Overwegend positief voor CCU Overwegend negatief voor CCS	Bijdrage circulaire economie. Mogelijk publieke weerstand wegens risico van opslag.

²⁹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5101260/>

³⁰ http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics

³¹ Laenen B., Laes E., Lemeire C., Van den Abeele L., Van Wortswinkel L., van Alphen K. & Hanegraaf M. (2013) Evaluatie van het beleidskader en identificatie van beleidsinstrumenten voor het faciliteren van CC(U)S-projecten in Vlaanderen, <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/evaluatie-van-het-beleidskader-en-identificatie-van-beleidsinstrumenten-voor-het-faciliteren-van-cc-u-s-projecten-opslag-en-1>

III. OPLOSSINGSRICHTING: VERDUURZAMEN VAN ENERGIEVRAAG EN -AANBOD

III.i. ONDERDEEL: RAFFINADERIJEN

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De vier Belgische raffinaderijen (Total Raffinaderij Antwerpen, ExxonMobil Petroleum, Gunvor België, Antwerp Processing Company) vormen het hart van de petrochemische cluster in Antwerpen. Het eigenverbruik van de sector bedraagt met ruim 79 PJ een kleine 6% van het totale finale energieverbruik in Vlaanderen.

De typische productieprocessen in een raffinaderij bestaan samengevat uit distillatie, conversie, zuivering en blending.

Raffinaderijen opereren in een internationale context en de input en eindproducten worden wereldwijd getransporteerd en productie is afhankelijk van de vraag. Zonder een uitspraak te willen doen over het al dan niet operationeel blijven van de Vlaamse raffinaderijen en met welke productievolumes, kijken we in de volgende paragrafen naar mogelijke innovaties die het energieverbruik en emissies verder kunnen verminderen.

Tabel 12: Status van de innovaties bij raffinaderijen

Innovatie	Status
Energie-efficiëntieverbeteringen aan de huidige processen (procescontrole en -integratie, betere afstelling ...)	Operationeel
Volledige switch naar aardgas als brandstof voor processen	Operationeel
Verder toepassen van WKK in de processen	Operationeel
Innovaties aan het distillatieproces:	
- Advanced distillation	Operationeel
- Progressive distillation	Pre-commercieel
- Verregaande integratie van fractionering, thermische en mechanische stappen	Demonstratie
Ombouw van fossiele naar bioraffinaderij	Demonstratie
Power to hydrogen	Demonstratie

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Om het toepassingspotentieel in te schatten werd voorafgaand een volgorde in implementatie verondersteld voor een aantal maatregelen. De volgorde in de tabel hieronder is bijgevolg bepalend voor de ingeschatte besparing die kan gerealiseerd worden.

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Energie-efficiëntieverbeteringen aan de huidige processen	25% energie besparing (19% op brandstoffen, 6% elektriciteit)	50% energie besparing (38% op brandstoffen, 12% elektriciteit)
Verder toepassen van WKK in de processen	10%	20% (max. additioneel potentieel), maar besparing op energie-systeemniveau, niet bij raffinaderijen
Volledige switch naar aardgas als brandstof voor processen	50%, maar besparing op energiegebruik is 0%	100%, maar besparing op energiegebruik is 0%
Innovaties aan het distillatieproces: focus op atmosferische distillatie en FCC	23% energie besparing (max. potentieel)	23% energie besparing (max. potentieel)
Ombouw van fossiele naar bioraffinaderij	0%	0%
Power to hydrogen	20% van huidige H ₂ gebruik	100% van huidige H ₂ gebruik

Waterstof wordt door raffinaderijen gebruikt voor de ontzaveling van diesel en stookolie. Een klein gedeelte wordt in de raffinaderij geproduceerd als bijproduct in enkele productiestappen, maar het grootste gedeelte wordt aangekocht. In de potentieeinschatting nemen we aan dat enkel bij een voldoende hoog percentage (>50%) van de



totale elektriciteitsproductie op hernieuwbare, intermittente bronnen, waterstofproductie door elektrolyse kostenefficiënt kan ingezet worden.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

De uitstoot van broeikasgassen drukken we procentueel uit en in tonnages. Dit doen we omdat de effectieve productie van de Vlaamse raffinaderijen in 2030 en 2050 bepalend zal zijn voor de nog resterende emissies. In 2014 bedroegen de emissies 4732 kton (Bron: CRF rapportering 2016).

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Energie-efficiëntieverbeteringen aan de huidige processen (procescontrole en -integratie, betere afstelling ...)	38% besparing in broeikasgassen, ofwel daling van 1798 kton t.o.v. de emissies in 2014. 12% besparing op elektriciteitsverbruik.
Verder toepassen van WKK in de processen	Aangezien het verbruik in de raffinaderijsector stijgt, stijgen de emissies met 2%, of zo'n 95 kton t.o.v. de emissies in 2014. Besparing bij elektriciteitssector.
Volledige switch naar aardgas als brandstof voor processen	Lagere emissiefactor van aardgas → emissies dalen lichtjes bij een volledige switch met zo'n 1% of 40 kton t.o.v. de emissies in 2014.
Innovaties aan het distillatieproces: focus op atmosferische distillatie en FCC (kraking)	23% besparing in broeikasgassen, ofwel daling van 1088 kton t.o.v. de emissies in 2014.
Power to hydrogen	Emissies van de huidige productie van waterstofgas vinden buiten de raffinaderijen en deels buiten Vlaanderen plaats. Indien hernieuwbare elektriciteit wordt gebruikt voor de elektrolyse is de BKG besparing 100%, maar niet op conto raffinaderijen.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

De verzurende emissies van de raffinaderijen zijn sterk gedaald (vnl. SO₂ emissies) door ingebruikname van brandstof met lager zwavelgehalte en nageschakelde technieken. De SO₂ emissies bedroegen in 2014 nog 8,15 kton, de NO_x emissies 3,81 kton. Alle hierboven vermelde innovaties (uitgezonderd van 'power to hydrogen') zullen gelijkaardige reducties van luchtpolluenten opleveren.

Betaalbaarheid

In de FOD Roadmap 2050 studie werden de kosten uitgedrukt in €/ton CO₂ reductie.

Voor de energie-efficiëntieverbeteringen aan de huidige processen zijn de kosten negatief (van -89 tot -63 €/ton CO₂) en worden de investeringen meer dan terugverdiend over de levensduur van de maatregelen.

De kost van innovaties aan het distillatieproces is ook negatief en werd geschat op -56 €/ton CO₂.

De kost van elektrolyse van water wordt beschreven in de 'Power to gas' fiche.

Samenvatting

Criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	62% reductie in de sector en reducties buiten de sector (elektriciteitsproductie door WKK en waterstofgasproductie).	
Luchtpolluenten reductiepotentieel (pakket)	62% reductie in de sector en reducties buiten de sector (elektriciteitsproductie door WKK en waterstofgasproductie).	
Kost	Overwegend positief	
Andere milieueffecten	Positief	Betere afstemming raffinage productie met vraag naar feedstock petrochemie.
Sociaal-maatschappelijke impact	Neutraal	Daling van wereldwijde vraag naar aardolieproducten.

IV. OPLOSSINGSRICHTING: AFSTEMMING ENERGIEVRAAG OP -AANBOD

IV.a. ONDERDEEL: GEBOUWDE OMGEVING

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Afstemmen van de energievraag op het energieaanbod in de gebouwde omgeving betreft een volledig gamma aan mogelijkheden op het gebied van flexibel energieverbruik met behulp van energietechnologieën zoals energiemonitors, slimme apparaten, en thuisbatterijen, al dan niet gecombineerd met eigen productie van energie (prosumertisme). O.a. het Linear project laat zien dat de basisattitude van mensen t.o.v. dergelijke technologieën vrij positief is³².

Op het vlak van energieconsumptie monitoring is ervaring opgedaan met diverse technologieën, meer specifiek diverse communicatiekanalen en vormen van inhoudelijke content. M.b.t. de communicatiekanalen kunnen in-home displays (IHDs), maar ook websites, de zogenaamde ‘ambient displays’, meer informatieve energiefacturen, en smartphone apps worden gebruikt. M.b.t. de inhoud kunnen verschillende typen informatie gegeven worden, zoals huidig, historisch en verwacht verbruik (in kWh en €), al dan niet gedifferentieerd naar apparaat, alerts voor onverwacht hoog piekverbruik, en sociale feedback (vergelijking met anderen). Verschillende studies hebben de effectiviteit energieconsumptiefeedback in kaart gebracht³³. Uit deze studies blijkt dat er een grote mate van variatie is in de gerapporteerde energiebesparing in de range van 0-20%, waarbij de energiebesparing meestal tussen de 5 en 12% uitkomt.

Tegelijk vinden andere technologieën zoals zonnepanelen, warmtepompen, thuisbatterijen, elektrische boilers, en elektrische voertuigen meer en meer ingang bij huishoudens of KMOs. Deze technologieën – in combinatie met het ‘smart grid’ – maken het mogelijk voor gebruikers flexibiliteit in energiegebruik aan te wenden om net ondersteunende diensten te leveren waardoor het bestaande net efficiënter gebruikt kan worden. Hiertoe kan gebruik worden gemaakt van specifieke ‘incentives’ gebaseerd op ofwel de beschikbare capaciteit aan flexibiliteit, ofwel de daadwerkelijk geleverde flexibiliteit. Ook kan gebruik gemaakt worden van dynamische tarieven (een vorm van tarifiering waarbij het betaalde tarief sterk varieert in de tijd, afhankelijk van vraag en aanbod aan energie). Er is echter een sterke mate van onzekerheid over de mate waarin consumenten zich voor dergelijke diensten willen engageren³⁴. Huidige pilootstudies geven hoopvolle resultaten, maar het is onzeker op welke manier en in welke mate opschaling zal plaatsvinden naar het grote publiek. Bij de daadwerkelijke adoptie van flexibel energiegedrag spelen echter een scala aan drivers en barrières een rol. Naast de financiële aspecten (de ‘businesscase’) kunnen afhankelijk van de specifieke doelgroep diverse andere aspecten een rol spelen, zoals comfort, controle, data privacy, kennis enz. Specifiek voor elektrische mobiliteit kan door de implementatie van ‘smart charging’ de benodigde bijkomende elektriciteitsvraag afgestemd worden op het capaciteitspatroon van hernieuwbare energiebronnen. Een studie van de CREG heeft namelijk uitgewezen dat een grootschalige aansluiting van elektrische voertuigen in een vehicle-to-grid-systeem, kan leiden een positieve wisselwerking tussen vraag en aanbod in het elektriciteitssysteem. In een vehicle-to-grid-systeem wordt de batterij van niet-rijdende elektrische voertuigen op intelligente manier beheerd zodat zowel elektriciteit energie onttrokken als geleverd kan worden aan het energiesysteem.³⁵ Het aandeel van de voertuigen dat via smart charging aangestuurd wordt is uiteindelijk

³² Linear consortium (2014). Linear – Demand response for families. Eindrapport, beschikbaar op http://www.linear-smartgrid.be/sites/default/files/boekje_linear_okt_2014_boekje_web.pdf

³³ Darby, S. (2006). The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays. Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford.

Faruqi, A., Sergici, S., Sharif, A. (2009). The impact of information feedback on energy consumption – a survey of the experimental evidence. *Energy* 35: 1598-1608.

Stromback, J., Dromacque, C., Yassin, M. H. (2011). Empower Demand. The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison. VaasaETT Global Energy Think Tank, Helsinki, Finland. Beschikbaar op <http://www.esmig.eu/press/filestor/empower-demand-report.pdf>

³⁴ Balta-Ozkan, N., Watson, T., Connor, P., Axon, C., Whitmarsh, L., Davidson, R., Spence, A., Baker, P., Xenias, D., Cipcigan, L. and Taylor, G. (2014). Scenarios for the Development of Smart Grids in the UK - Synthesis Report, London: UKERC. In deze UKERC studie worden milieu en kosten daarbij gezien als belangrijkste drivers, met controle als een belangrijke voorwaarde. Ook bezorgdheden m.b.t. tot het gebruik van data, goede communicatie van het achterliggende ‘verhaal’, interessante waardenproposities, en een evenwichtige verdeling van kosten en baten worden daarbij als bepalende aspecten genoemd.

³⁵ Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en Gas (2010). Studie over de mogelijke impact van de elektrische auto op het Belgische elektriciteitssysteem.

<http://www.creg.be/nl/publicaties/studie-over-de-mogelijke-impact-van-de-elektrische-auto-op-het-belgische>

bepikt tot het aantal elektrisch aangedreven voertuigen (mogelijk zou een deel van het wegverkeer via waterstof kunnen gaan), en uiteraard zal een deel van de bevolking verkiezen om op elk moment de volle capaciteit qua rijafstand ter beschikking te hebben. Een bijkomende barrière voor vehicle-to-grid discharging is het feit of de autoconstructeurs deze mogelijkheid gaan inbouwen in hun voertuigen, wat nu doorgaans niet het geval is. De regulering kan zowel een hefboom als een barrière zijn voor smart charging.

Tabel 13: Status van de innovaties in de gebouwde omgeving

Innovatie	Status
Energieconsumptie monitoring en feedback (diverse systemen)	Commercieel beschikbaar
Slimme apparaten	Commercieel beschikbaar, maar effectieve toepassing afhankelijk van juiste ‘incentive’
‘Smart charging’ voor elektrische voertuigen	Demonstratie

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Energieconsumptie monitoring en feedback (diverse systemen)	onzeker	100% ingeburgerd
Slimme apparaten	onzeker	maximaal ingeburgerd voor de gepaste en meest verbruikende apparaten
‘Smart charging’ voor elektrische voertuigen	eerste toepassingen	100% van de elektrische wagens uitgerust met deze technologie

De toepassing van flexibel energiegedrag zal nauw samenhangen met de nood aan flexibiliteit op de energiemarkten, en bijgevolg de uitbouw van de nodige infrastructuur (bv. slimme meters) en ‘incentives’ voor het leveren van flexibiliteit. Op de middellange termijn (2030) is het potentieel voor de meeste toepassingen daarom onzeker, maar op de lange termijn (2050) waar het gebruik van warmtepompen, elektrische voertuigen, PV enzovoort wellicht volledig ingeburgerd geraakt wordt de noodzaak aan flexibel energiegedrag ook groot. Niet voor alle apparaten is een slimme aansturing wenselijk, bijvoorbeeld tv, koffiezet, verlichting ...

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Al deze innovaties langs de kant van de eindgebruiker zijn een hefboom om meer hernieuwbare energie in het systeem te integreren en dus op indirecte wijze de broeikasgas uitstoot te reduceren. De specifieke besparing aan broeikasgassen is dus volledig afhankelijk van de marktcontext, en in het bijzonder de integratie van hernieuwbare energiebronnen.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Indirect positief effect door bevorderen integratie van hernieuwbare energie (zonne- en windenergie).

Betaalbaarheid

De betaalbaarheid van de verschillende opties hangt in sterke mate af van de marktomgeving (bv. aggregatoren als nieuwe spelers op de markt die het aanbod aan flexibiliteit van vele huishoudens en KMOs vermarkten) en de ‘incentives’ (bv. nieuwe vormen van tarifiering, hervorming van distributienettarieven) die gegeven worden om flexibel energiegedrag te stimuleren. Het is onmogelijk om algemene uitspraken te doen. Het feit dat datacenters en het slim aansturen van apparaten ook energie verbruikt is ook een factor die in rekening moet genomen worden bij een concrete berekening van de betaalbaarheid van deze oplossingen.



Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	Overwegend positief	Indirect, via integratie hernieuwbaar.
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Overwegend positief	Indirect, via integratie hernieuwbaar.
Betaalbaarheid	Neutraal	Mogelijke kostenbesparingen, af te wegen tegen extra investering.
Andere milieueffecten	Overwegend positief	Indirect, via integratie hernieuwbaar
Sociaal-maatschappelijke impact	Neutraal	Voordelen (comfort, controle, lagere energiefactuur, enz.) afwegen tegen nadelen (privacy, te complex, enz.).

IV. OPLOSSINGSRICHTING: AFSTEMMING ENERGIEVRAAG OP -AANBOD

IV.b. ONDERDEEL: ELEKTRISCH TRANSMISSIENETWERK

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

België ligt in het hart van het Europese transmissienet en moet het hoofd bieden aan belangrijke niet-genomineerde fysische stromen (d.w.z. energie-uitwisselingen die niet voortkomen uit een commercieel akkoord tussen verschillende landen, maar die eenvoudigweg het gevolg zijn van het feit dat energie vrij circuleert in het net, zonder aan de grenzen te stoppen). Op gebied van transmissie van elektriciteit zijn er verschillende projecten gepland om de verbinding met de buurlanden te verbeteren (verhoging van de huidige uitwisselingscapaciteit van ongeveer 3,5 GW). Zo is er de geplande rechtstreekse verbinding met het Duitse net via het Alegro-project, het Stevin- en Nemo-project dat de verbinding met Engeland moet verzorgen, en enkele andere projecten zodat in de komende jaren iets meer dan 6 GW aan importcapaciteit beschikbaar zou zijn. Dit heeft een positieve impact op de bevoorradingszekerheid in ons land, en kan bovendien de groothandelsprijs van elektriciteit verminderen door de toegenomen energie-uitwisseling met de buurlanden.

Op gebied van innovatie heeft netbeheerder Elia reeds verschillende stappen gezet. Zo is er, anders dan in verschillende andere Europese landen, een integratie van flexibiliteit aan vraagzijde, waar Elia beroep doet op meer dan 620 MW actieve vraagsturing verspreid over verschillende marktproducten (primaire, tertiaire en strategische reserve)³⁶. Recent nam Elia ook 17 MW aan batterijopslag op in de primaire reserve. Ook is er monitoring en controle van de energiestromen, met meetapparatuur en 'on load tap changers' in alle primaire onderstations.

De grote veranderingen van de laatste jaren zijn dus voornamelijk de uitbreiding van de interconnectie-capaciteit en de uitbreiding van flexibiliteit aan de consumptiezijde. Mogelijke innovaties zijn de volgende:

- 'High-Voltage Direct Current' (HVDC) leidingen en de interactie met 'Alternating Current' (AC) leidingen. Gelijkstroomnetten (*Direct Current*) hebben de laatste jaren wereldwijd aan populariteit gewonnen. Aangezien de energie met minder verliezen kan getransporteerd worden is dit vooral een oplossing voor lange-afstandsverbindingen. Gelijkstroomnetten brengen echter ook uitdagingen met zich mee. Zo zijn ze moeilijker te stabiliseren ten opzichte van wisselstroomnetten en moeten er andere veiligheidssystemen worden uitgewerkt. Op zich is dit een uitdaging voor de transmissienetbeheerder, concreet wordt er in het Alegro-project gewerkt aan een HVDC-verbinding met Duitsland.
- 'Dynamic Line Rating': In plaats van de maximale stroom door een lijn als een vast gegeven te beschouwen, kan dit dynamisch beschouwd worden op gebied van lokale temperatuurmetingen. Dit kan op bepaalde momenten de invoercapaciteit van een hoogspanningslijn beperkt verhogen.

Tabel 14: Status van de innovaties in elektrische transmissienetten

Innovatie	Status
Monitoring en controle in het transmissienet	Volledig operationeel
'On load tap changers' in HV/MV cabines	Volledig operationeel
Bouw van HVDC netten	In opstart
Dynamic Line Rating	Demonstratie

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Monitoring en controle in het transmissienet	Volledig operationeel	
'On load tap changers' in HV/MV cabines	Volledig operationeel	
Bouw van HVDC netten	Alegro	Meshed HVDC grids
Dynamic Line Rating	50% of the HV lines	All lines

³⁶ <http://www.globalsmartgridfederation.org/wp-content/uploads/2016/12/flexibilitylow.pdf>

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

De specifieke besparing aan broeikasgassen is zeer sterk afhankelijk van de marktcontext en de energiestromen in het net. Meer import van (hernieuwbare) elektriciteit zorgt uiteraard voor een lagere CO₂-uitstoot als gevolg van elektriciteitsproductie in Vlaanderen. HVDC lijnen hebben minder netverliezen en verhogen dus de efficiëntie van de elektriciteitstransmissie. Dynamic line rating kan zorgen voor minder nodige investeringen in het transmissienet.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Meer import van (hernieuwbare) elektriciteit zorgt uiteraard voor een lagere luchtpollutie als gevolg van elektriciteitsproductie in Vlaanderen. Efficiëntieverbeteringen in elektriciteitstransmissie hebben een indirect positief effect op uitstoot van luchtpolluenten.

Betaalbaarheid

De transmissienetbeheerder rekent een vergoeding aan voor het transport van elektriciteit voor de openbare diensten die ze verlenen (zoals bv. de aankoopgarantie voor groenestroomcertificaten). De netbeheerder kan zijn tarieven niet zomaar aanpassen: er is een goedkeuring van de overheid nodig. Dit principe zorgt ervoor dat er steeds een afweging gebeurt van maatschappelijke kosten en baten.

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	Overwegend positief	Indirect
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Overwegend positief	Indirect
Betaalbaarheid	Neutraal	Mogelijke kostenbesparingen, af te wegen tegen extra investering.
Andere milieueffecten	Mogelijk negatief	Mogelijk plaatselijke hinder bij werken. Landschapsvervuiling bij bovengrondse transmissielijnen.
Sociaal-maatschappelijke impact	Mogelijk negatief	Mogelijk lokaal verzet tegen bovengrondse transmissielijnen.

IV. OPLOSSINGSRICHTING: AFSTEMMING ENERGIEVRAAG OP -AANBOD

IV.c. ONDERDEEL: ELEKTRISCHE DISTRIBUTIENETTEN

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Het traditionele netmodel volgt een lineaire structuur waarbij de generatie gekoppeld is met het transmissienet, dat op zijn beurt via distributienetten de elektrische energie tot bij de verbruikers voert. De toegenomen decentrale productie van energie, in combinatie met de elektrificatie van de warmte- en mobiliteitsvraag, vormt een grote uitdaging voor het laagspanningsnet in de komende jaren. De Belgische piekvraag naar gas is immers meer dan drie keer hoger dan de piekvraag naar elektriciteit (~13GW). Elektriciteitsnetwerken moeten omgevormd worden van passieve netwerken met unidirectionele vermogensstromen, naar meer actieve netwerken – ofwel ‘smart grids’³⁷ – met vermogensstromen in beide richtingen en een intelligenter controle. Met het oog op de toekomstige noden van het elektriciteitsnetwerk heeft het ETP (European Technology Platform) ‘Smart Grids’³⁸ een visie geponeerd voor de ontwikkeling van het Europese elektriciteitsnetwerk naar 2020 en verder. De prioriteiten omvatten: het netwerk in staat stellen netgebruikers met nieuwe eisen te integreren; het verbeteren van de efficiëntie van het dagdagelijks netbeheer; de veiligheid van het netwerk, systeemcontrole en kwaliteit van de voorziening; betere planning van toekomstige netinvesteringen; het verbeteren van de marktwerking en klantenservice; en het inschakelen en stimuleren van een sterkere en meer directe betrokkenheid van de consument bij hun energieverbruik. Een aantal mogelijke belangrijke innovaties zijn:

- Slimme of digitale meters: Deze kunnen toelaten om de tijd te registreren waarop de prosumert verbruikt of produceert, en zo geavanceerde tariefformules toelaten die het piekverbruik afvlakken. In vele Europese landen is de netbeheerder dus nu ook databeheerder en marktfacilitator.
- Monitoring en controle: reactieve vermogensturing en ‘on load tap changers’ voor het controleren van transformatoren werden door de netbeheerders getest. Daarnaast is een verdergezette monitoring en controle van secundaire onderstations op knooppunten in het distributienet belangrijk om de bidirectionele energiestromen te visualiseren en eventuele congesties te anticiperen of vermijden. Momenteel rollen de netbeheerders monitoring en controle uit aan een tempo van 100-200 cabines per jaar (op een totaal van ongeveer 60.000). ‘On-Load Tap Changing’, is een techniek waarbij de spanning van een kabel kan aangepast worden door dynamisch het aantal windingen van een transformator aan te passen. De noodzaak hieraan is echter beperkt, aangezien in Vlaanderen de kabels typisch korter zijn dan 400m, waardoor de belasting van de transformator een belangrijker probleem is dan de spanningsval over de kabel. Sturing van vraag en aanbod: Voor sturing van de vraag in een marktcontext lopen in Nederland proefprojecten (bijvoorbeeld het project in Heerhugowaard met het USEF framework). In Vlaanderen is er interactie tussen marktpartij/transmissie-netbeheerder enerzijds en distributienetbeheerder anderzijds wat betreft gebruik van bronnen van flexibiliteit, maar dit is nog niet op real-time basis. Demonstratieprojecten m.b.t. sturing van decentrale productie – met windenergie (cf. Swift) en zonne-energie (cf. Meta-PV) in Vlaanderen – tonen aan dat een slimme uitbating van het net een hoge integratiegraad van hernieuwbare energiebronnen toelaat ten opzichte van traditionele netversterkingen, en dit aan een fractie van de kost. Wanneer men van zonnepanelen de piekcapaciteit met een vijfde vermindert (door bijvoorbeeld de invertor te onderdimensioneren), zal slechts enkele procent van de totaal geproduceerde energie niet op het net kunnen gezet worden. Sturing van vraag en aanbod is uiteraard sterk gecorreleerd met de regelgeving rond flexibiliteit en distributietarieven. DC netwerken: DC netwerken in het huishouden, waar technologieën zoals zonnepanelen, batterijen, verlichting en dergelijke direct via gelijkstroom met elkaar in verbinding staan. Gebruik en productie ‘achter de meter’ worden op die manier veel beter op elkaar afgestemd. Gelijkspanningsnetten zouden 5 tot 15% efficiënter kunnen werken, afhankelijk van de efficiëntie van de toestellen (batterij, invertor zonnepanelen, LED verlichting ...). Daarentegen, de efficiëntie van DC netten neemt af bij lage belasting, DC is efficiënter bij constante piekbelasting. Bovendien is het veiligheidsaspect een belangrijk aandachtspunt voor DC netten. Gelijkspanningsnetten op laagspanning worden reeds geïmplementeerd in Nederland, maar in België is dit nog niet in voege.

³⁷ Een ‘smart grid’ kan gedefinieerd worden als “an electricity network that can intelligently integrate the actions of all users connected to it - generators, consumers and those that do both - in order to efficiently deliver sustainable, economic and secure electricity supplies” (European Technology Platform on SmartGrids).

³⁸ Tegenwoordig ETIP-SNET, zie <http://www.etip-snet.eu/>

Tabel 15: Status van de innovaties in elektrische distributienetten

Innovatie	Status
Slimme meter uitrol en data management	Demonstratiefase
Monitoring en controle in het midden- en laagspanningsnet	Operationeel
Real-time Management van flexibiliteit in een marktmechanisme	R&D
On-load tap changers op MV/LV cabines	Demonstratie
Slimme controle van decentrale productie	Demonstratie
Gelijkspanningsnetten	Nog niet actief

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Slimme of digitale meters	96% in 2050, een uitrol over 20 jaar, zie http://www.vreg.be/sites/default/files/document/rapp-2017-06.pdf voor de verschillende timing van de gebruikerssegmenten	
Monitoring en controle in het midden- en laagspanningsnet	Voor 50% van de cabines	Voor alle cabines
Management van flexibiliteit in een real-time marktmechanisme	Demonstratie, gedeeltelijk operationeel	Operationeel
On-load tap changers op MV/LV cabines	Enkele cabines	5% van de cabines
Slimme controle van decentrale productie	Mogelijk alle productie	Mogelijk alle productie
DC laagspanningsnetten	<1% van de huizen	<5% van de huizen

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Al deze innovaties langs de kant van de netbeheerder zijn een hefboom om meer hernieuwbare energie in het systeem te integreren en dus op indirecte wijze de broeikasgas uitstoot te reduceren. De specifieke besparing aan broeikasgassen is dus volledig afhankelijk van de marktcontext, en in het bijzonder de integratie van hernieuwbare energiebronnen.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Indirect positief effect door bevorderen integratie van hernieuwbare energie (zonne- en windenergie).

Betaalbaarheid

Innovatie	Mogelijke kostenbesparingen in het energiesysteem
Slimme meter uitrol en data management	Kan toelaten om piekvraag te verschuiven in de tijd en netinvesteringen te voorkomen.
Monitoring en controle in het midden- en laagspanningsnet	Kan netverliezen beperken en lokale congesties voorkomen.
Real-time Management van flexibiliteit in een marktmechanisme	Kan netverliezen beperken en lokale congesties voorkomen.
On-load tap changers op MV/LV cabines	Kan netverliezen beperken en lokale congesties voorkomen.
Slimme controle van decentrale productie	Kan integratie van hernieuwbare energie bevorderen tegen lagere maatschappelijke kost.
Gelijkspanningsnetten	Afhankelijk van toestellen in het huis, regulering en snelheid van nieuwbouw en ingrijpende renovatie.

IV. OPLOSSINGSRICHTING: AFSTEMMING ENERGIEVRAAG OP -AANBOD

IV.d. ONDERDEEL: WARMTENETTEN EN GEOTHERMIE

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Een warmtenet is een energieconcept om restwarmte, bijvoorbeeld van een fabriek of verbrandingsoven, of collectief opgewekte warmte (bij voorkeur gebruik makend van duurzame bronnen), te gebruiken voor de centrale opwarming van water. Een netwerk van goed geïsoleerde ondergrondse leidingen brengt dat water tot in woningen en bedrijven in de buurt, voor verwarming en sanitair warm water.

Tot op vandaag is de uitrol van warmtenetten in Vlaanderen eerder beperkt. Bestaande warmtenetten leveren 0,56 TWh warmte per jaar, wat overeenkomt met de warmtevoorziening voor ongeveer 27 000 gezinnen (ter vergelijking: de warmtevraag voor verwarming in de gebouwde omgeving bedraagt ongeveer 62 TWh)³⁹. Het Vlaamse beleid hecht echter veel belang aan de verdere uitrol van warmtenetten, zoals bijvoorbeeld blijkt uit de publicatie van het 'warmteplan 2020'⁴⁰ of het recent goedgekeurde wijzigingsdecreet voor de invoering van een regulerend kader voor warmte- of koudnetten. In het warmteplan 2020 stelt de Vlaamse regering een doelstelling van 1 TWh warmtelevering op basis van warmtenetten voorop (voor een equivalent van ongeveer 50 000 gezinnen).

Wat technologische innovatie betreft is vooral de evolutie naar de zogenaamde 4^e generatie warmte- en koudnetten van belang voor Vlaanderen. Deze 4^e generatie thermische netten bieden warmte (en soms koude) aan op meerdere temperatuurniveaus (met inbegrip van lage temperatuurwarmte), doen vooral een beroep op duurzame bronnen (of riothermie, een bijzondere vorm van restwarmtewinning waarbij warmte uit het rioolwater gerecupereerd wordt), en integreren verschillende types bronnen, al dan niet gecombineerd met koude/warmteopslag, binnen hetzelfde warmtenet. Deze 4^e generatie thermische netten zijn interessant vanwege twee belangrijke ontwikkelingen:

- Aan de aanbodkant zullen de CO₂-emissiedoelstellingen leiden tot een verminderd aanbod van restwarmte vanuit de industrie of centrale elektriciteitsproductie. In de industrie zorgt efficiëntieverbetering ervoor dat niet alleen de hoeveelheid beschikbare restwarmte afneemt, maar ook de temperatuur van de restwarmte. Waarschijnlijk daalt ook de beschikbaarheid van warmte uit het verbranden van afval in afvalverbrandingsinstallaties. Efficiëntere afvalverwerking en recycling leidt namelijk tot een reductie in afvalstromen.
- Aan de gebruikerskant neemt de warmtevraag per woning voor ruimteverwarming sterk af door energiebesparingsmaatregelen zoals isolatie en warmteterugwinning. Deze lagere warmtevraag maakt het mogelijk om met een lagere temperatuur te verwarmen en hiervoor lage temperatuur warmtebronnen te gebruiken.

Tabel 16: Status van de innovaties in warmtenetten

Innovatie	Status
3 ^e generatie warmtenetten (T=80-100 °C) op basis van restwarmte of WKK	Commercieel beschikbaar
4 ^e generatie warmtenetten (T= vanaf 40 °C of lager) op basis van integratie verschillende bronnen	Eerste toepassingen in België (Kortrijk), Denemarken, Nederland, UK ...

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Het inschatten van het toepassingspotentieel van warmtenetten is bijzonder onzeker omdat dit afhangt van lokale omstandigheden (bv. beschikbaarheid en kostprijs van restwarmte) en onzekere factoren zoals de evolutie van de gasprijs, te gebruiken discontovoeten enzovoort. Een VITO-studie schat dat het economisch rendabele potentieel

³⁹ <http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/warmteplan.pdf>

⁴⁰ <http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/warmteplan.pdf>

van de toepassing van restwarmte uit de industrie 25-60% van de residentiële warmtevraag in 2012 betreft⁴¹. Het potentieel aan diepe geothermie zou volgens een ambitieuze prognose 100 centrales in 2050 betreffen, voor een totale warmteproductie van 3,6 TWh⁴².

Toch is de achterstand die Vlaanderen heeft opgelopen moeilijk weg te werken. In een bestaande omgeving, waar de ondergrond nu al ruim is voorzien van leidingen en rioleringen, is het geen sinecure om een volledig nieuwe infrastructuur uit te bouwen. Waar dat wel kan (bv. in zorgvuldig geselecteerde nieuwbouwwijken en projecten van stadsvernieuwing) moet rekening worden gehouden met hoge kapitaalkosten (CAPEX) en een lange afschrijffperiode. Tevens moet de optie 'warmtenetten' afgewogen worden tegen andere oplossingen om de warmtevraag in de gebouwde omgeving op een koolstofarme manier in te vullen: de 'elektrische oplossing' (warmtepompen aangedreven door duurzame elektriciteitsvoorziening) of de 'biomassa-oplossing' (bv. op basis van groen gas). Een belangrijke rol is hier weggelegd voor de lokale besturen om een technologiekeuze te maken, waarbij het gebruik van restwarmte benut wordt waar mogelijk. In de Roadmap-studie wordt (op basis van sectoroverleg) ervan uitgegaan dat in 2050 60% van de verwarmingsinstallaties elektrisch zijn; van de overblijvende 40% van de gebouwen zou 1/3^e door een warmtenet gevoed worden (dus ongeveer 12% van de gebouwen in 2050). Dit laatste cijfer wordt als ambitieus ervaren door de experts in de MIRA 'fase 2' workshop.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

De impact op de uitstoot van BKGs is afhankelijk van de gebruikte warmtebron:

- Fossiele brandstoffen (vooral gas): t.o.v. individuele verwarming (gasboilers, stookolie) biedt collectieve warmteopwekking het voordeel dat één centrale bron een efficiëntere omzetting van de brandstof naar warmte verzekert, zeker indien gebruik gemaakt wordt van een WKK.
- Restwarmte: restwarmte van bv. industriële processen of afvalverbranding die anders verloren zou gaan kan via warmtenetten nuttig aangewend worden. In dit geval is de totale uitstoot van BKGs afhankelijk van de gebruikte warmtebron voor de industriële processen die de restwarmte leveren.
- Hernieuwbare bronnen zoals duurzame biomassa, diepe of ondiepe geothermie of zonnewarmte stoten geen CO₂ uit.

Meer informatie is te vinden in de steekkaart 'Verduurzaming energievraag en -aanbod: Gebouwde omgeving'.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

De impact op de uitstoot van luchtpolluenten is eveneens afhankelijk van de gebruikte warmtebron. Meest problematisch is het verbranden van vaste biomassa. NO_x en stofemissies zullen hoger zijn dan voor verbranding van aardgas. Er is eventueel nageschakelde rookgasreiniging nodig (multicycloon, katalytische reductie, doekfilter). De kwaliteit van de brandstof (bv. schone versus opgeschoonde houtchips) bepaalt in grote mate het soort rookgasreiniging dat zal moeten toegepast worden; productie en transport van biomassa naar bedrijven heeft impact op luchtkwaliteit en (indirecte) CO₂-uitstoot.

Betaalbaarheid

Algemeen geldt dat de CAPEX (investeringskost) voor warmtenetten hoger is dan voor individuele verwarmingsopties (aanleg pijpleidingen). De totale kost hangt af van de gebruikte warmtebron. Algemeen gesproken is restwarmte (indien voldoende potentieel beschikbaar) de goedkoopste optie, terwijl innovatieve duurzame bronnen zoals ondiepe geothermie, diepe geothermie en zonnewarmte momenteel nog duur uitvallen. Voor diepe geothermie zijn enkel in de Kempen vanaf 3 km diepte grondwaterlagen beschikbaar die een voldoende hoge temperatuur hebben.

⁴¹ <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/beleid/Warmte-Vlaanderen2015.pdf>

⁴² http://www.vlaamseklimaatop.be/sites/default/files/atoms/files/Hernieuwbare_atlas_Vlaamse_gemeenten_finaal_v2016092_1.pdf

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	Overwegend positief	Zie fiche 'Gebouwde omgeving'.
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Overwegend positief, tenzij voor biomassa	
Betaalbaarheid	Hoge CAPEX, OPEX afhankelijk van gebruikte warmtebron	Doorgaans is gebruik van restwarmte meest rendabel.
Andere milieueffecten	Overwegend negatief. Mogelijke vragen rond duurzaamheid van biomassa. Voor geothermie belangrijke milieu-aspecten (bv. risico's fracking, radioactieve elementen, vervuiling) ⁴³ .	Zie fiche 'Duurzame biomassa'.
Sociaal-maatschappelijke impact	Matig negatief	Keuzevrijheid van warmteafnemer wordt beperkt. Aansluiten op stadverwarming bij bestaande woning vereist ook technische aanpassingen bij de afnemer, voor wie de noodzaak/het voordeel niet altijd duidelijk is. Kan ervaren worden als rompslomp/extra werk. Er kan een belangrijke interferentie zijn tussen geothermie en bovengrondse activiteiten (bv. micro-aardbevingen).

⁴³ Een aantal van deze bedenkingen werden samengevat door de Mina-raad/Serv in het advies op ontwerp van decreet houdende wijziging wat betreft de garantieregeling voor aardwarmteprojecten in de diepe ondergrond: <https://www.minaraad.be/themas/klimaat/garantieregeling-diepe-geothermie>

IV. OPLOSSINGSRICHTING: AFSTEMMING ENERGIEVRAAG OP -AANBOD

IV.e. ONDERDEEL: OPSLAG VAN ELEKTRICITEIT

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

België heeft enkele pompcentrales, met de belangrijkste in Coe. Al vele jaren circuleren er plannen om de huidige opslagcapaciteit in Coe (1.164 MW) uit te breiden tot 1.764 MW door de bouw van een derde pompcentrale. Door de snel dalende prijs van batterijopslag is het echter zeer onzeker dat investeringen in pompcentrales ook werkelijk zullen plaatsvinden. Een pompcentrale voor de kust ('energie-atol') werd in de voorbije jaren eveneens bekeken, maar bleek niet competitief uitgebaat te kunnen worden. Recent werden echter opnieuw plannen voor de bouw van een energie-atol bekend gemaakt⁴⁴.

Lithium-ion is momenteel de dominante technologie voor batterijopslag. Verwacht wordt dat dit de komende jaren nog zo zal blijven voor mobiele toepassingen zoals gsm's en auto's, gezien de compactheid van de batterijen. Het is echter niet uitgesloten dat een andere disruptieve technologie in de komende jaren zijn intrede doet, of voor stationaire toepassingen een andere technologie (bv. loodzuur) overneemt. Naast een evolutie in het design van batterijen zelf, zien we de laatste jaren vooral een kostenreductie, en anderzijds een uitbreiding van de toepassingen van batterijen. Zo contracteerde Elia recent centrale batterijopslag van 17MW als primaire reserve bij een Vlaamse aggregator. Dit verwachten we in de komende jaren nog meer, waarbij batterijen geoptimaliseerd en slim aangestuurd kunnen worden in functie van verschillende doelstellingen, bv. 'portfolio management' voor 'balancing responsible parties' (BRPs) om hun mogelijke onbalans te verminderen, of als reserve voor de transmissienetbeheerders en ondersteuning van het lokale net. Warmte-opslag in tanks en/of ondergrond is reeds actief in enkele landbouwbedrijven, maar kent nog geen echte doorbraak.

Tabel 17: Status van de innovaties in opslag van elektriciteit

Innovatie	Status
Batterijen voor frequentie-ondersteuning	Operationeel
Thuis- of wijkbatterijen voor lokale portfolio-optimalisatie	Operationeel (vooral Duitsland)
Thuis- of wijkbatterijen voor lokale netondersteuning	Nog niet actief
Warmte-opslag in tanks of de ondergrond	Operationeel

Merk op dat de thuis- of wijkbatterijen voor lokale portfolio-optimalisatie en lokale netondersteuning kunnen gerealiseerd worden door dezelfde batterijen, die multi-objectief een optimale portfolio voor de prosumant nastreven.

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Er zijn tal van onzekerheden te benoemen m.b.t. de ontwikkeling van energieopslag. Een ervan is de snelheid waarmee de verschillende vormen van energieopslag (batterij, warmte enz.) zich zullen ontwikkelen. Het Batstorm project⁴⁵ laat bv. zien dat voor batterijopslag vooralsnog verschillende barrières m.b.t. tot de technologie, de markt, het regulerende kader en maatschappelijke acceptatie een grootschalige implementatie in de weg staan. Ook moet energieopslag concurreren met andere aanbieders van flexibiliteit (zoals 'demand response' en flexibele productie) en het is lastig te voorzien hoe deze ontwikkeling zal uitpakken. Ook het schaalniveau (centraal in het grid, decentraal in wijken, of achter de meter) waarop energieopslag het best geïmplementeerd kan worden is nog onduidelijk. Tot slot is de opkomst van elektrisch rijden en de mate waarin de autobatterijen als opslagmedium gebruikt zullen worden ('vehicle to grid') een mogelijk belangrijke maar onzekere ontwikkeling. Zonder een gedetailleerde scenario-analyse die (de competitie tussen) deze verschillende opties in kaart brengt is het onmogelijk om een kwantitatieve inschatting te maken m.b.t. het toepassingspotentieel.

⁴⁴ Zie www.kusteilanden.be.

⁴⁵ Kessels, K., et al. (2017). Support to R&D Strategy for battery based energy storage. Costs and benefits for deployment scenarios of battery systems (D7 of the BATSTORM project). Ecofys, VITO, Technopolis, Fraunhofer IWES, and Strategen.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Het gebruik van elektriciteitsopslag in het energiesysteem is geen doel op zich, maar eerder een hefboom (naast andere mogelijke opties zoals 'demand response' en flexibele productie) om meer hernieuwbare energie in het systeem te integreren en dus op indirecte wijze de broeikasgas uitstoot te reduceren. De specifieke besparing aan broeikasgassen is dus volledig afhankelijk van de marktcontext, en in het bijzonder de integratie van hernieuwbare energiebronnen.

Luchtpolluenten en andere milieu-impacts

Batterijen stoten uiteraard geen luchtpolluenten uit bij gebruik, maar men dient rekening te houden met de gevaren, zoals brand en het vrijkomen van toxische stoffen, die gekoppeld zijn aan het kortsluiten of falen van een batterij met hoge vermogendichtheden (zoals Lithium-ion batterijen).

Batterijen kunnen een heel aantal zware metalen en vervuilende stoffen bevatten, die evenwel kunnen gerecycleerd worden⁴⁶. Veelvoorkomende componenten zijn kwik, lood, koper, zink, cadmium, mangaan, nikkel en lithium die gerecycleerd kunnen worden door hydrometallurgische of pyrometallurgische processen. Gezien de relatief recente doorbraak van de Lithium-ion technologie is er nog geen volwassen markt voor batterijrecyclage. Deze route wordt momenteel verkend via onderzoek en demonstratie.

De toxiciteit van nikkel-cadmium en loodzuur batterijen is hoog; in vergelijking met loodzuur is de lithium-ion optie ongeveer de helft minder toxisch⁴⁷. Specifiek voor lithium-ion stelt zich wel het probleem van de uitputting van lithiumvoorraden (bij de te verwachten sterke groei van deze technologie); een probleem dat evenwel door recyclage van gebruikte batterijen opgevangen kan worden. Lithium-ion batterijen vereisen ook veel energie in de productie (ongeveer 90 MJ per kg batterij), wat een negatieve impact heeft op de indirecte emissies en broeikasgasbalans van dit type batterij over de hele levenscyclus.

Betaalbaarheid

Innovatie	Kost
Batterijopslag	150-200 euro/kWh (in 2030)
Energie-atol	650 euro/kWh (mogelijk operationeel in 2021, mits subsidies?)

Verschillende studies verwachten dat de markt voor elektriciteitsopslag de komende jaren nog significant door zal groeien, en dat de kost voor batterijopslag nog verder zal dalen, naar verwachting tot ongeveer 150-200 euro/kWh opslagcapaciteit in 2030⁴⁸. Het energie-atol voor de Belgische kust zou 1,3 miljard euro kosten voor een opslagcapaciteit van 2 GWh (of dus 650 euro/kWh), operationeel in 2021⁴⁹. Voor dit project werden subsidies aangevraagd. Een uitbreiding van Coö is hoogst onzeker door de significante investering die ermee verbonden is.

⁴⁶ Bernardes et.al. Journal of Power Sources 130 (2004), pp. 291–298.

⁴⁷ McManus, M.C. (2012) Environmental consequences of the use of batteries in low carbon systems: The impact of battery production. *Applied Energy*. 93: 288-295.

⁴⁸ IEA (2016). Energy Technology Perspectives 2016. Towards Sustainable Urban Energy Systems. International Energy Agency (IEA).

⁴⁹ <https://kusteilanden.files.wordpress.com/2017/04/p1002.pdf>

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	Overwegend positief	Indirect, via integratie van hernieuwbare energie
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Overwegend positief	Indirect, via integratie van hernieuwbare energie
Betaalbaarheid	Matig negatief	Kostendaling op middellange termijn (2030) is nodig.
Andere milieueffecten	Matig negatief	Afhankelijk van technologie en mogelijkheid tot recyclage. Li-ion vereist veel energie met negatieve impact op indirecte emissies. Daarnaast zijn veiligheidsaspecten belangrijk.
Sociaal-maatschappelijke impact	Neutraal	Batterijen ingeburgerd in dagelijks leven; elektrische mobiliteit heeft momenteel gunstig imago. Het veiligheidsaspect van batterijen (bv. in het verkeer) is zeer belangrijk.



IV. OPLOSSINGSRICHTING: AFSTEMMING ENERGIEVRAAG OP -AANBOD

IV.f. ONDERDEEL: POWER-TO-GAS

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Vandaag wordt het grootste deel van waterstofvraag in industrie en andere sectoren gemaakt door het splitsen van methaan, wat een CO₂ uitstoot veroorzaakt⁵⁰. Elektrolyse van water kan een koolstofvrij alternatief zijn hiervoor. Voor de elektrolyse van water in waterstofgas en zuurstofgas zijn verschillende technologieën in competitie: Alkaline, Proton Exchange Membrane (PEM) en Solid Oxide elektrolyse. De eerste twee bevinden zich in (grootschalige) demonstratiefase, Solid Oxide zit eerder nog in de R&D fase. Het voordeel van de opkomende PEM technologie is dat het flexibeler aan- en uitgezet kan worden en ruimtelijk gezien goed schaalbaar, het nadeel is dat de installatie een hoge zuiverheid vereist. Solid Oxide elektrolyse werkt op hoge temperatuur en vereist dus een voldoende aantal draaiuren.

Industriële productie die afvalstromen van CO of CO₂ heeft, of werkt met vergassing van biomassa (zie ook de steekkaart "Productie van duurzame biomassa"), kan het waterstof goed benutten om het via een reactie om te zetten naar methaangas. De omzetting naar methaangas vindt bij voorkeur plaats middels biologische processen om de kosten laag te houden. Het geproduceerde methaan wordt geïnjecteerd in het gasnet. Verder biedt ondergrondse opslagcapaciteit de mogelijkheid om nog meer energie tijdelijk vast te leggen. Daarmee biedt power-to-gas een oplossing voor de discrepantie tussen vraag en aanbod van elektriciteit over langere perioden (bv. seizoensopslag).

Tabel 18: Status van de innovaties in power-to-gas

Innovatie	Status
Power to hydrogen voor mobiliteitstoepassingen	Operationeel
Power to hydrogen voor injectie in het gasnet	Demonstratie
Power to methane voor injectie in het gasnet	Pre-commercieel
Power to hydrogen/methanol voor industriële toepassingen	ZIE FICHE CHEMISCHE INDUSTRIE
Power to hydrogen voor olieraffinaderijen	ZIE FICHE RAFFINADERIJEN

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Het toepassingspotentieel van power-to-gas hangt samen met een aantal factoren m.b.t. aanbod van duurzame elektriciteit en gebruik van het geproduceerde gas. In de eerste plaats is het technisch potentieel voor het produceren van CO₂-arme elektriciteit zo groot dat er meer mee kan worden gedaan dan alleen het huidige elektriciteitsgebruik verduurzamen. Voor vormen van energiegebruik waar een alternatief voor (methaan)gas of vloeibare brandstoffen als diesel of kerosine moeilijk zijn te vinden, kan gas of vloeibare brandstof uit elektriciteit een oplossing bieden. In de tweede plaats kan het bijdragen aan energieopslag, van belang als het aanbod van zonn- en windenergie groot is en de vraag beperkt, want gas en brandstof zijn goed op te slaan en elektriciteit niet.

Wat de toepassingen in mobiliteit betreft moet opgemerkt worden dat momenteel slechts een handvol waterstofauto's rondrijden in België, en er zijn slechts een handvol tankstations. Voor vele mobiliteitstoepassingen moet waterstof het afleggen tegen de elektrische mobiliteit. Voor bepaalde zware mobiliteitstoepassingen in de industrie, zoals bijvoorbeeld heftrucks, of op termijn eventueel vrachtverkeer, kan waterstof een koolstofarm alternatief zijn voor elektrische mobiliteit.

Waterstof met injectie in het gasnet is Europees gezien in de demonstratiefase, maar deze projecten zijn nog steeds sterk afhankelijk van subsidies. Waterstof als energieopslag is minder efficiënt dan bijvoorbeeld batterijopslag⁵¹, maar kan door injectie in het gasnet wel als seizoensopslag gerekend worden. Waterstof is moeilijker vervoerbaar dan methaan door een hogere onsamendrukbaarheid. De beperking van bijmenging van waterstof in het gasnet

⁵⁰ M. Perez-Fortes, E. Tzimas, Techno-economic and environmental evaluation of CO₂ utilisation for fuel production, JRC Science for Policy report, 2016.

⁵¹ Zie bijvoorbeeld Lehneret et al., Technology and business models, Springer international publishing, 2014.

wordt geschat op 10-15% maximum, naargelang verschillende studies⁵². Dit cijfer zal in de praktijk nog lager uitvallen (grootteorde max. 1-2%), aangezien contact met waterstof een metaal broos kan maken en opslag van hydrogen de ondergrond kan verzuren.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

In de veronderstelling dat de elektrolyse met hernieuwbare energiebronnen gebeurt kan t.o.v. verbranding van gas 179 g CO₂/kWh bespaard worden. Voor zowel power-to-hydrogen als power-to-methane komt dit in beide gevallen neer op eenzelfde besparing van niet-hernieuwbaar methaan dat verbrand zou zijn in plaats van het groene gas. Dus, waarom zou men na de elektrolyse van waterstof nog de methanisatiestap doen? Twee redenen:

- Bij de methanisatie stap gebruikt men CO₂ als grondstof, waarbij men CO₂ kan afvangen uit een industrieel proces of uit de lucht kan halen. Zo kan men een intrinsiek koolstofintensief proces toch koolstofarm maken.
- Methaan is het hoofdbestanddeel van natuurlijk gas en is veel makkelijker transporteerbaar in pijpleidingen dan het minder samendrukbare waterstof.

Voor de impact op de uitstoot van BKGs in de mobiliteitssector, zie de fiche 'Shift naar zero-emissie voertuigen'.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

T.o.v. de verbranding van aardgas in de winst in uitstoot van luchtpolluenten beperkt. Voor de impact op de uitstoot van luchtpolluenten in de mobiliteitssector, zie de fiche 'Shift naar zero-emissie voertuigen'.

Een belangrijke langetermijn toepassing van power to hydrogen zou men kunnen vinden nabij offshore windparken, waarbij de overschot elektriciteit omgezet wordt naar waterstof voor mobiliteitstoepassingen (bv. maritiem + vrachtverkeer).

Betaalbaarheid

Innovatie	Kostprijs
Kost elektrolyse van water	800€/kW (2015), 500€/kW (2030), 300 €/kW (2050) (CAPEX)
Kost productie + injectie waterstof in het gasnet	100-125€/MWh ^{53 54}
Kost productie + injectie methaan in het gasnet	150-200€/MWh ^{4 5}
Geopolitieke voordelen	Reductie afhankelijkheid buitenlandse gasvoorraden

Veel van de technologieën voor elektrolyse of andere vormen van waterstofproductie en daaropvolgend de synthese van methaan worden nog niet commercieel toegepast. De investeringskosten zijn nog hoog, en de huidige elektriciteitsprijs is ook te hoog om elektrolytische productie van waterstof aantrekkelijker te maken dan productie uit aardgas.

Samenvatting

Criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel	179 g CO ₂ /kWh	T.o.v. verbranding aardgas
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Neutraal tot overwegend positief	T.o.v. verbranding aardgas en gebruik in transportsector
Betaalbaarheid	Overwegend negatief	Zie tabel 'betaalbaarheid'
Andere milieueffecten	Neutraal	
Sociaal-maatschappelijke impact	Neutraal	Weinig zichtbaar indien bijmenging in bestaande netwerken

⁵² Zie bijvoorbeeld M.W. Melaina, O. Antonia, and M. Penev, Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A Review of Key Issues, <http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/51995.pdf>, 2013.

⁵³ ENEA consulting, The potential of power-to-gas, 2016.

⁵⁴ Thomas D., Mertens D., Meeus M., Van der Laak W., Francois I., Power to gas roadmap for Flanders, Waterstofnetwerk Vlaanderen, 2016.

V. OPLOSSINGSRICHTING: BUITEN CATEGORIE

V.a. ONDERDEEL: CHEMIE

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

Met 147 PJ is de chemische sector verantwoordelijk voor 38% van het energetische eindgebruik in de Vlaamse industrie⁵⁵. Het is een sector met een belangrijke toegevoegde waarde in de Vlaamse economie. De chemische industrie is opgesplitst in verschillende deelsectoren die zeer uiteenlopende producten maken gaande van organische en anorganische basischemie, farmaceutische producten, biotechnologie, producten voor de landbouw, verven, vernissen, lijmen, cosmetica, detergenten, kunststof- en rubberverwerking en andere chemische producten. Enkele belangrijke bouwstenen van de waardeketen zijn ammoniak (o.a. voor productie van meststoffen), chloor (o.a. voor productie van PVC), methanol, ethyleen en hogere alkenen (productie van plastics) en aromaten. Waterstof wordt vaak geproduceerd als hulpstof voor een van deze meer complexe moleculen. Innovaties in de chemische sector vallen onder volgende brede categorieën:

Procesinnovaties:

- *Procesintensificatie:* Dit houdt in dat eenzelfde hoeveelheid product geproduceerd wordt met minder verbruik van energie, hulp- en/of grondstoffen. Enerzijds kan men dit bekomen door bestaande processen verder te optimaliseren, bijvoorbeeld door energie-efficiëntie, optimalisaties in grondstofgebruik, een slimme integratie van scheidingstechnologie voor recuperatie van solventen, katalysatoren, enz. Anderzijds kan dit gerealiseerd worden door de bestaande deelprocessen te vervangen door alternatieven, die onder mildere omstandigheden werken, meer selectief zijn, enz.
- *Overschakelen naar alternatieve en meer duurzame grondstoffen,* zoals de fuel shift van vloeibare naar gasvormige brandstoffen en een hogere inzet van afval- en biomassaströmen voor energieopwekking en als grondstof; of nog de productie van synthetische brandstoffen of grondstoffen via CCU.

Alternatieve waterstofroutes: Vandaag de dag wordt de productie van waterstof voor het overgrote deel gerealiseerd door het stoomkraken van methaan. Waterstof is een basiselement in de productie van meststoffen. Het is echter ook mogelijk om waterstof anders te produceren:

- door middel van elektrolyse, waar elektrische energie aangewend wordt om uit water waterstof en zuurstof te bekomen;
- pyrolyse van afval.

Deze technieken bestaan al langer maar worden gezien de hogere kosten en/of reglementaire beperkingen niet op grote schaal toegepast in Vlaanderen. Voor chemische bedrijven, die vaak een aanzienlijke waterstofvraag hebben, is dit een innovatie met veel potentieel voor broeikasgasreductie. Voor de elektrolyseroute leidt het gebruik van hernieuwbare energie tot een relatief grotere broeikasgasreductie.

CCS of CCU: CO₂ kan ook afgevangen worden en ondergronds opgeslagen (CCS) of nuttig gebruikt worden (CCU). Dit wordt 'Carbon Capture and Use' (CCU) genoemd en omvat zowel het gebruik van CO₂ als product als de transformatie ervan naar meer gereduceerde koolstofverbindingen die kunnen leiden tot koolstofarme brandstoffen of chemische bouwstenen zoals methaan, methanol, ethanol, enz. Vlaanderen zet vooral in op onderzoek en demonstratie op het gebied van CCU-toepassingen. Voor meer informatie zie de steekkaart "Koolstofafvang, -opslag en -hergebruik".

⁵⁵ Energiebalans Vlaanderen

Tabel 19: Status van enkele innovaties in de Vlaamse chemische sector

Innovatie	Status
Groene chemie voor productie van alkenen	Demonstratie
Vervanging kunstmeststof door organisch alternatief	Operationeel
Algemene energie-efficiëntieverbetering aan de installaties (nieuwe katalysatoren, warmterecuperatie ...)	Operationeel
Waterstof productie door elektrolyse in plaats van het splitsen van methaan	Operationeel
CCS of CCU	Demonstratie (CCU)
Kwik cel productietechnologie voor chloorproductie vervangen door membraan technologie	Operationeel

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Groene chemie voor alkenen	10% van grondstofinput	20% van grondstofinput
Algemene energie-efficiëntieverbetering aan de installaties (nieuwe katalysatoren, warmterecuperatie ...)	10%	20%
Vervanging kunstmeststof door organisch alternatief	5%	20%
Verbeteringen in installaties (specifiek voor ammoniakproductie)	6% efficiënter	12% efficiënter
Waterstof productie door elektrolyse	Niet opgenomen in 'core' scenario van roadmap-studie. Technisch mogelijk maar duur.	Niet opgenomen in 'core' scenario van roadmap-studie. Technisch mogelijk maar duur.
CCS toegepast op procesemissies	Voor alle sites die meer dan 1Mton CO ₂ per jaar uitstoten.	Voor alle sites die meer dan 1Mton CO ₂ per jaar uitstoten.

In bovenstaande tabel zijn de veronderstellingen voor toepassingspotentiëlen samengevat voor de belangrijkste technologische innovaties voor de chemische sector zoals die in de "Low-carbon roadmap" studie voor België werden aangenomen.

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Toepassing van de bovenvermelde innovaties leidt volgens de "Low-carbon roadmap" studie voor België tot een BKG-emissiereductie van 54% tegen 2050 van de huidige emissies (waterstofproductie door elektrolyse wordt hierbij niet meegerekend wegens te duur). De CO₂-uitstoot van de chemische sector in Vlaanderen (energetische + procesemissies) bedroeg 8,7 Mton in 2015⁵⁶. De uitstoot van broeikasgassen drukken we procentueel uit omdat we geen uitspraak kunnen doen over de totale productie van de chemische sector in 2030 en 2050.

Luchtpolluenten en andere milieu-impacts

Deze impacts zijn specifiek voor elk proces.

Betaalbaarheid

Meer overleg met de sector is nodig gezien de open economie in Vlaanderen. Evoluties kunnen hierdoor niet los gezien worden van wat er internationaal speelt. Volgens de inschattingen van de EU zal de CO₂ prijs evolueren richting 35 euro in 2030. Tegen deze CO₂-prijs zullen radicale innovaties nog niet doordringen (bv. elektrolyse van waterstof).

⁵⁶ MIRA, Dynamische kernset milieudata, <http://www.milieurapport.be/?PageID=793&Culture=nl>

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	54% reductie (energetisch + proces) volgens de Belgische low carbon roadmap	Inschatting volgens de assumpties van de "Roadmap" studie 2013.
Luchtpolluenten reductiepotentieel	-	Processpecifiek
Betaalbaarheid	Afhankelijk van CO ₂ -prijs , energieprijzen en int. competitie	De chemische sector valt onder het Europese emissiehandelsysteem.
Andere milieueffecten	-	Processpecifiek
Sociaal-maatschappelijke impact	Mogelijk negatief door stijgende kosten en dalende competitiviteit wat resulteert in verlies aan tewerkstelling en welvaart, dalende handelsbalans en verlies indirecte jobs.	Chemische sector blootgesteld aan competitie op internationale markten; betaalbaarheid van maatregelen is belangrijke factor.

V. OPLOSSINGSRICHTING: BUITEN CATEGORIE

V.b. ONDERDEEL: IJZER- EN STAALSECTOR

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

De ijzer- en staalproductie in Vlaanderen heeft een verbruik van 72PJ, ofwel 28% van het jaarlijkse industriële energieverbruik⁵⁷. De productie van ijzer en staal kan men onderverdelen in productie van 'primair' staal, beginnende met ijzererts, en 'secundair' staal, waarbij schroot gesmolten wordt. De kwaliteit van secundair staal is niet voor alle toepassingen geschikt (bijvoorbeeld niet voor zacht staal in de autosector, wel voor gebruik in constructiematerialen). De productie van primair staal gebeurt in Vlaanderen enkel nog in Arcelor Mittal Gent, met een jaarlijkse productiecapaciteit van 5Mton. Aangezien dit proces veel energie-intensiever is dan productie van secundair staal, is het grootste potentieel voor innovatie van toepassing op de primaire staalproductie.

De productie van staal volgens het klassieke hoogovenproces gaat in verschillende stappen; in de hoogovens wordt ijzererts door een chemische reactie met koolstof omgezet in vloeibaar ruwijzer. In de staalfabriek worden de onzuiverheden verbrand die nog in het ruwijzer aanwezig zijn.

Op gebied van procesinnovatie ziet men onder andere een gedeeltelijke vervanging van steenkoolpoeder door houtskool. Anderzijds kan men 'top gas recycling' toepassen, gecombineerd met afvang van CO en CO₂ uit het hoogovenproces en mogelijk ook CO afvang uit de staalfabriek. Het CO kan geherinjecteerd worden in de hoogoven voor een efficiënter proces, of afgevangen worden, gescheiden van het CO₂ en gebruikt voor productie van bio-ethanol. Het CO₂ kan ook gebruikt worden als grondstof voor allerlei toepassingen⁵⁸. Ook het Hisarne proces is een alternatief voor een verhoogde efficiëntie, waarbij steenkool (of gas/biomassa) rechtstreeks kan aangewend worden zonder dat er cokes van gemaakt moeten worden. Als meest experimentele technologieën vermelden we nog directe reductie van het ijzererts met waterstof en elektrolyse, een technologie waarbij enkel elektrische energie gebruikt wordt voor de verwerking van het ijzererts. Voor het secundair staal vindt men nog mogelijkheden om alle productie met de 'Electric Arc Furnace' te laten lopen.

Tabel 20: Status van de innovaties in de Vlaamse staalsector

Innovatie	Status
Switch naar EAF technologie voor secundair staal	Operationeel in Be
'Top gas recycling': Afvang van hoogovengas, met scheiding van CO en CO ₂ , herinjectie van CO en hergebruik of opslag van CO ₂	Piloot demonstratie, opschaling naar toepassing op commerciële hoogoven nog niet gebeurd.
Beperkte biomassa om poeder-steenkool te vervangen	Nog niet in België
Hisarne reductietechnologie	Demonstratie kleine schaal (in Nederland)
Afvang van CO gas voor bio-ethanol productie	Operationele installatie in China. Nog niet operationeel, wel concrete plannen in Gent.
Elektrolyse van ijzer	Demonstratie kleine schaal
Directe reductie d.m.v. waterstof	Demonstratie kleine schaal

⁵⁷ Energiebalans Vlaanderen

⁵⁸ www.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu, geraadpleegd op 14/9/2017.

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Switch naar EAF technologie voor secundair staal	Operationeel	Operationeel
'Top gas recycling': Afvang van hoogovengas, met scheiding van CO en CO ₂ , herinjectie van CO en hergebruik of opslag van CO ₂	Operationeel op reductieproces	Operationeel op alle processen, of vervangen door volledig Hisarna proces of elektrolyse
Beperkte biomassa om poedersteenkol te vervangen	Operationeel	Operationeel
Hisarna reductietechnologie	Operationeel	Operationeel
Afvang van CO gas voor bio-ethanol productie	Operationeel, maar af te wegen tegen Hisarna proces	Operationeel, af te wegen tegen Hisarna proces
Elektrolyse van ijzer	Demonstratieproject	Operationeel?
Directe reductie d.m.v. waterstof	Demonstratieproject	Operationeel?

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Switch naar EAF technologie voor secundair staal	Beperkt
'Top gas recycling', afvang van hoogovengas zonder/met carbon capture en opslag of hergebruik	20-54% zonder/met CCS of CCU
Vervanging houtskool door biomassa	13%
Hisarna technologie voor het smeltproces	35-69% (met/zonder afvang)
Ethanol production met het afgevangen CO gas	3-10%
Elektrolyse van ijzer	Tot 100%, afhankelijk van de elektriciteitsmix
Directe reductie d.m.v. waterstof	Tot 80%, afhankelijk van de elektriciteitsmix

De besparing op uitstoot van BKGs door EAF technologie is afhankelijk van de hoeveelheid staal die geproduceerd wordt met deze technologie. EAF technologie zal wellicht vooral toegepast worden in landen of regio's waar veel vraag is naar producten op basis van secundair staal (vooral bouwmaterialen), met name de groei landen/regio's. De EU en de Verenigde Staten zijn momenteel netto-exporteurs van schroot. Vermits Arcelor Mittal vooral staal van hoge kwaliteit produceert (dat met EAF technologie enkel op basis van schroot van hoge kwaliteit geproduceerd kan worden), veronderstellen we dat het toepassingspotentieel voor EAF in Vlaanderen beperkt is. Alles samen schatten we het potentieel voor BKG-besparing in 2050 op **75%**, en zelfs **80%** (directe reductie door waterstof) tot bijna **100%** als de elektrolyse techniek competitief wordt in de markt (in de veronderstelling dat de gebruikte elektriciteit koolstofvrij is). De ijzer- en staalsector stootte in totaal 4,2 Mton CO₂ uit in 2015. Dit betekent dat er een reductiepotentieel is van ongeveer 3,2 Mton CO₂ in 2050.

Luchtpolluenten en andere milieu-impacts

De convertorgassen worden on-site verbrand voor energietoepassingen. Momenteel wordt het hoogovengas (voornamelijk CO en CO₂) verbrand voor energie-opwekking, waarbij dus ook het CO wordt omgezet in CO₂. Het meest vervuilende onderdeel van de primaire staalfabrikage is de cokesfabriek, die luchtmissies (NO_x, SO₂, naftaleen, ammoniumcomponenten, stof, enz.), vast afval (ijzerslakken) en wateremissies (afkoelen van cokes) genereert. Door de inzet van de Hisarna-technologie kunnen deze emissies vermeden worden.

Betaalbaarheid

Het Hisarna proefproject in Ijmuiden vergde 300M€ investering voor een productie van 60.000 ton vloeibaar ijzer per jaar (ter vergelijking: één hoogoven in Ijmuiden produceert 10.000 ton vloeibaar ijzer per dag), indien de technologie naar de markt wordt gebracht kan deze kostprijs nog verminderen. Voor de kost van koolstofafvang en -opslag of -hergebruik is meer overleg met de sector nodig.

Samenvatting

criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	3,2 Mton	Indien CCS of CCU wordt toegepast, Hisarne technologie en EAF (beperkt) voor secundair staal.
Luchtpolluenten reductiepotentieel	Matig tot overwegend positief	Belangrijkste uitstoot is BKG, meer discussie nodig i.v.m. andere polluenten. Door overschakelen naar Hisarne is geen cokesfabriek meer nodig, wat resulteert in 60-80% minder uitstoot van fijn stof, SO ₂ en NO _x .
Betaalbaarheid	CO ₂ prijzen van 150-200 euro/ton nodig voor doorbraak koolstofarme innovaties	Inschatting van VEMW, de Nederlandse belangenvereniging van zakelijke energie- en watergebruikers ⁵⁹ .
Andere milieueffecten	Meer onderzoek nodig	
Sociaal-maatschappelijke impact	Kwalitatief	Staalsector blootgesteld aan competitie op internationale markten; betaalbaarheid van maatregelen is belangrijke factor.

⁵⁹ <https://www.vemw.nl/Homesliders/Samen%20op%20weg%20naar%20minder.aspx>

V. OPLOSSINGSRICHTING: BUITEN CATEGORIE

V.c. ONDERDEEL: OVERIGE INDUSTRIE

STATUS EN BESCHRIJVING VAN INNOVATIES

‘Overige industrie’ buiten de ijzer- en staalsector en de chemische sector is nog goed voor 41% van het energieverbruik in Vlaanderen. In deze groep is de grootste energiegebruiker de voedingsindustrie met een jaarlijkse consumptie van 40PJ, maar ook bijvoorbeeld de glas- en papierindustrie kennen een aanzienlijk energieverbruik. ‘Andere’ industrieën hebben vaak minder processpecifieke mogelijkheden tot grote broeikasgasbesparingen, maar kunnen wel hun energie-efficiëntie opkrikken door een aantal maatregelen zoals een efficiënte opwekking van elektriciteit door WKK, het verhogen van de efficiëntie van koelinstallaties, procesinnovaties en een doorzetting van de omschakeling van vaste en vloeibare brandstoffen voor verwarming naar gas, biogas en biomassa.

Tabel 21: Status van de innovaties in de overige industrie

Innovatie	Status
Lokale opwekking elektriciteit en warmte door WKK	Operationeel
Energie-efficiëntie van verwarmings- en koelingsinstallaties	Operationeel
Omschakeling naar schonere brandstoffen	Operationeel
Elektrificatie van processen	Operationeel
Koolstofafvang en -opslag (of -hergebruik)	Demonstratie

TOEPASSINGSPOTENTIEEL

Innovatie	Theoretisch potentieel 2050
Energie-efficiëntie (incl. WKK)	30% van energievraag voor MT warmte
Omschakeling naar schonere brandstoffen	100% van gebruik fossiele brandstoffen voor MT en LT warmte
Elektrificatie van processen	100% van gebruik fossiele brandstoffen voor MT en LT warmte
Koolstofafvang en -opslag (of -hergebruik)	Afhankelijk van koolstofprijs en grootte van de installatie; toepassing weinig waarschijnlijk op kleinere bronnen

De inschatting van het toepassingspotentieel is moeilijk vermits afhankelijk van industriële site. Vermits industriële installaties doorgaans binnen dezelfde site erg geïntegreerd zijn (bv. gebruik van restwarmte of restproducten uit het ene proces in een ander proces) is het eenvoudigweg vervangen van één component van de geïntegreerde installatie vaak onmogelijk. Op de lange termijn (2050) kan misschien rekening gehouden worden met de vervanging van een volledige installatie. Voor de ‘overige industrie’ is het grootste deel van de energetische CO₂-emissies afkomstig van warmte die nodig is op middelhoge temperatuur (MT: tussen 100 en 400 °C) tot lage temperatuur (LT: <100 °C). Het MT energiegebruik in de industrie bedraagt 127 PJ, het LT energiegebruik bedraagt ongeveer 25 PJ⁶⁰. Bij de processen op middelhoge temperatuur is slechts een derde van de benodigde energie (ongeveer 42 PJ) afkomstig van de directe inzet van fossiele brandstoffen, maar indirect is dit meer. Iets minder dan de helft van de energiedragers voor de processen op lage temperatuur zijn immers ‘andere brandstoffen’, nevenstromen uit de chemie – vaak van fossiele oorsprong – die bijna allemaal als energiebron worden ingezet in de chemische industrie. Deze laten we hier dus buiten beschouwing voor het toepassingspotentieel in de ‘overige industrie’.

⁶⁰ MIRA systeembalans 2017 “Energiesysteem”,

http://www.milieurapport.be/Upload/main/0_topicrapporten/361312_Systeembalans2017_1energiesysteem_nieuw.pdf

IMPACT OP DUURZAAMHEID

Uitstoot van BKGs

Innovatie	Potentieel BKG besparing
Energie-efficiëntie (incl. WKK)	1 Mton
Omschakeling naar schonere brandstoffen	2,3 Mton
Elektrificatie van processen	2,3 Mton

In de veronderstelling dat de productie van MT en LT warmte vandaag overwegend op basis van aardgas gebeurt (t.o.v. met een uitstoot van 179 g CO₂/kWh) bekommen we volgende reductiepotentiëlen:

- Energie-efficiëntie (voor MT en LT energiegebruik): ongeveer 1 Mton CO₂;
- Ofwel de omschakeling naar schonere brandstoffen, ofwel elektrificatie (voor MT en LT energiegebruik): in beide gevallen gaan we ervan uit dat de warmteproductie volledig koolstofvrij kan gebeuren, bv. door de overschakeling naar groen gas of waterstof, gebruik van warmtepompen voor LT of hybride warmtepompen voor MT (momenteel in ontwikkeling), elektrische ovens, enz. Het reductiepotentieel bedraagt dan (na aftrek van de efficiëntiewinst) nog 2,3 Mton CO₂.

Luchtpolluenten reductiepotentieel

Bij een omschakeling naar biomassa dient men luchtpolluenten zoals NO_x en fijn stof in rekening te nemen. In biogas kan onder andere een significante hoeveelheid CO en CO₂ voorkomen.

Betaalbaarheid

De kosten zijn zeer afhankelijk van de situatie en overleg met de sector is aangewezen. We zien dat de WKK installaties deze tijd nog afhankelijk van subsidies om rendabel te zijn. Er zijn ook wel enkele WKK's die zonder subsidies draaien. Voor energie-efficiëntie maatregelen kent men vaak een positieve business case. De omschakeling naar schonere brandstoffen is ook de laatste jaren gestaag verdergezet, met onder andere een verschuiving van steenkool en olie-gebaseerde industriële verwarming naar gas. Koolstofafvang en -opslag is echter nog ver van een marktintegratie. Ook tegen 2050 is deze innovatie bij toepassingen op relatief kleine puntbronnen erg onzeker.

Samenvatting

Criterium 2050	Waarde	Uitleg (waarom score)
BKG reductiepotentieel (pakket)	3,3 Mton	Op basis van energiegebruik voor MT en LT warmte
Luchtpolluenten reductiepotentieel (pakket)	Overwegend positief, uitgezonderd gebruik van biomassa	
Betaalbaarheid	Afhankelijk van situatie, Elektrificatie vereist hoge gasprijs	
Andere milieueffecten	Neutraal	Evt. hinder door ombouw installaties?
Sociaal-maatschappelijke impact	Overwegend positief	Stimuleert groene industriële ontwikkeling