

Naar een circulaire keten voor klimaatinstallaties

Belemmeringen en kansen voor CV-ketels en LBKs

Copper



Merosch

Deze publicatie is gemaakt in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), en in nauwe samenwerking met Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie (UPCM) en Stichting Metaalektro Recycling (SMR).

Auteurs

Marijn Polet (Copper8)

Floris van Haagen (Copper8)

Cécile van Oppen (Copper8)

Nordin Oudshoorn (Merosch)

Menno Schokker (Merosch)

Datum

Mei 2022



Inhoudsopgave

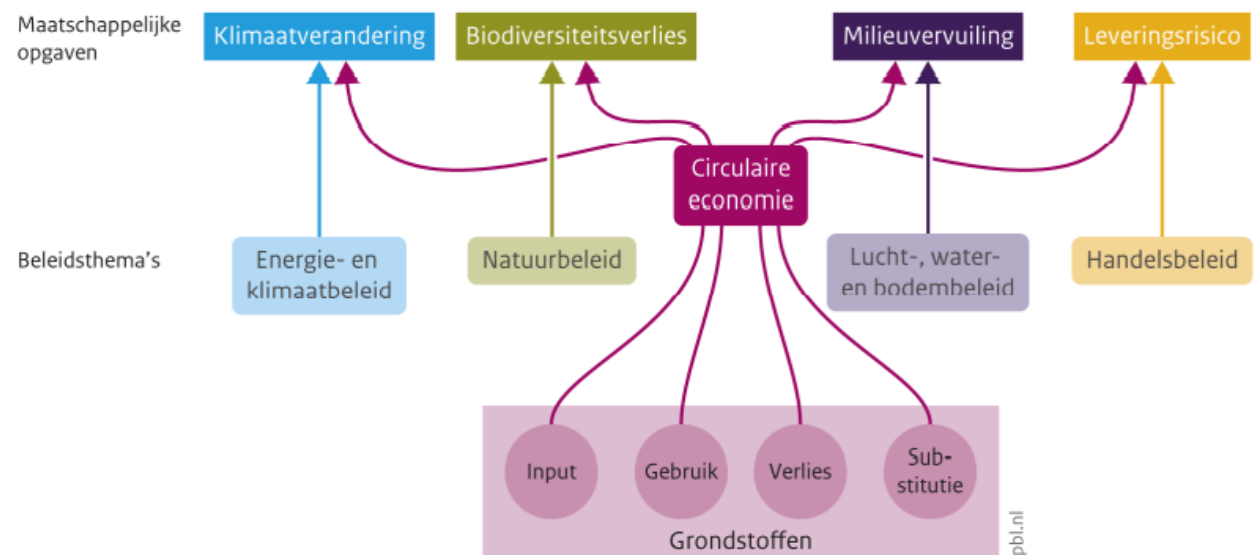
Hoofdstuk 1. Aanleiding	0
Hoofdstuk 2. Luchtbehandelingskasten	2
Karakteristieken luchtbehandelingskast	2
Ketenschets luchtbehandelingskast.....	3
Circulaire potentie luchtbehandelingskasten.....	6
Hoofdstuk 3. CV Ketels.....	15
Karakteristieken CV-ketel	15
Ketenschets CV-ketel.....	17
Circulaire potentie CV-ketels	21
Hoofdstuk 4. Aanbevelingen.....	29
Bijlage 1. Referenties	31
Bijlage 2. Geïnterviewde partijen.....	33
Bijlage 3. Antwoordopties Vingerafdruk methode	34

Hoofdstuk 1. Aanleiding

Nederland heeft hoge ambities op het gebied van klimaat en circulaire economie. In 2050 moet onze CO₂-uitstoot met 95% zijn gedaald; voor 2030 hebben we 55% reductie als tussendoel¹. Ook werken we toe naar een 'volledig' circulaire economie in 2050². Deze inspanningen moeten er gezamenlijk voor zorgen dat we de doelen van het Parijsakkoord halen, en de wereldwijde opwarming beperken tot maximaal 1,5 graad.

Vanuit het Rijksbrede Programma Circulaire Economie zijn vijf prioritaire sectoren aangemerkt, waarvoor transitieagenda's zijn gemaakt: Bouw, Kunststoffen, Maakindustrie, Biomassa en Voedsel, en Consumptiegoederen. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is belast met de monitoring van de voortgang van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie. In de Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) van 2021 constateerde het PBL dat de transitie naar een Circulaire Economie een trage voortgang kent; een van de oplossingsrichtingen was om met concrete doelen te werken. Het zogenaamde 'doelentraject' is voortgekomen uit voorgenoemde constatering.

Elk van de Transitieagenda's is in 2021 gestart met het selecteren van impactvolle



Figuur 1 | Weergave doelentraject PBL (2021)³

productgroepen die (in grote mate) kunnen bijdragen aan de circulaire transitie en via deze route ook kunnen bijdragen aan de volgende maatschappelijke opgaven: klimaatverandering, biodiversiteitsverlies, milieuvervuiling en leveringszekerheid (zie ook Figuur 1).

Het transitieteam Circulaire Maakindustrie heeft Klimaatinstallaties geselecteerd als productgroep binnen het doelentraject. Klimaatinstallaties zijn uiteraard interessant in het kader van het energie-

en klimaatbeleid, maar door de grondstoffenintensiteit en met name het metaalgebruik is het ook interessant om te kijken in welke mate circulaire strategieën kunnen bijdragen aan het verduurzamen van (de productie en het gebruik van) klimaatinstallaties.

Een aanvullende vraag in dit kader is de end-of-life fase waarvoor sectorbrede afspraken zijn gemaakt in de richtlijn voor Afgedankte Elektronische en Elektrische Apparatuur (AEEA)

die op Europees niveau is vastgelegd onder de WEEE Directive (2012/19/EU)⁴. De AEEA richtlijn is een vorm van Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid (UPV) waarbij de producenten en importeurs van elektronisch en elektrisch apparatuur verantwoordelijk zijn voor de verantwoorde inzameling (en verwerking) van de betreffende producten na de gebruiksduur. De doelstelling hierbij is om 65% van het gewicht op verantwoorde wijze in te zamelen. Voor klimaatinstallaties wordt deze doelstelling echter bij lange na niet gehaald – slechts enkele percentages van de klimaatinstallaties wordt op dit moment conform de richtlijn geregistreerd en verwerkt.

De vraagstelling die ten grondslag ligt aan dit paper is hoe de keten van CV-ketels en Luchtbehandelingskasten (LBKs) meer circulair gemaakt kan worden. Hierbij kijken we zowel naar circulaire strategieën aan de voorkant van de keten (bij producenten) als naar de end-of-life fase en de werking van de AEEA richtlijn. Voor de gehele keten worden aanbevelingen gedaan om de keten meer circulair te maken.

Hoofdstuk 2. Luchtbehandelingskasten

In dit hoofdstuk gaan wij in op luchtbehandelingskasten. Hierbij kijken wij naar de huidige situatie betreffende circulariteit en hoe de keten functioneert. Ook kijken wij naar de impact van het product (in CO₂-emissies) en de hele keten.

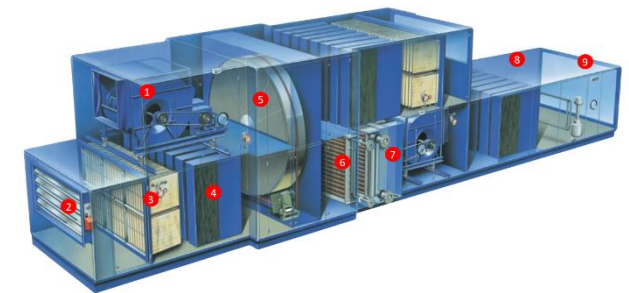
Vervolgens gaan we in op de circulaire potentie van LBKs. Hierbij kijken we naar de circulaire ontwerpstrategieën en hoe deze een positieve impact kunnen hebben op de maatschappelijke opgaven zoals klimaatverandering. Ook nemen we de aangrijpingspunten in de keten om tot meer circulariteit te komen mee en geven we specifieke aanbevelingen ten aanzien van de AEEA-richtlijn.

Karakteristieken luchtbehandelingskast

Luchtbehandelingskasten worden voornamelijk geplaatst bij niet-residentiële gebouwen, zowel bij nieuwbouw als renovaties. Bij nieuwbouw is het volgens het Bouwbesluit hedendaags verplicht om gebouwen te ventileren. Omdat we steeds luchtdichter zijn gaan bouwen, is een ventilatiesysteem steeds belangrijker. Bij bestaande bouw worden vaak LBKs geplaatst om de binnenlucht in een gebouw gezonder te maken. Een goed voorbeeld zijn de vele scholen waar momenteel ventilatievoorzieningen worden geplaatst, vooral naar aanleiding van Covid-19.

De gemiddelde levensduur van een LBK ligt tussen de 20 en 25 jaar. Uiteraard worden sommige onderdelen uit de LBK tijdens deze levensduur vervangen. Figuur 2 geeft een overzicht van de onderdelen in een LBK.

1. **Ventilator (15 jaar);** De ventilator zorgt voor de luchtstroom van de luchtbehandelingskasten naar de ruimtes in een gebouw en omgekeerd. Ventilatoren zijn doorgaans van metaal of kunststof.
2. **Rooster (20 jaar);** een metalen of kunststof rooster dat zorgt voor de toestroom of afstroom van (buiten)lucht.
3. **Filters (1 jaar);** Filters zorgen voor de filtering van de luchtstroom. Er zijn verschillende type filters en filterklassen. Filters hebben doorgaans een aluminium of kunststof frame en filters van kunststof vezels.
4. **Geluidsdempers (30 jaar);** Geluidsdempers zorgen ervoor dat het geluid van de ventilatievoorziening wordt gedempt. Geluidsdempers zijn doorgaans van staal en minerale wol.
5. **Warmteterugwinning (15 jaar);** Een roterend of statisch onderdeel dat warmte terugwint uit de retourluchtstroom. Dit onderdeel is grotendeels van metaal.
6. **Verwarmings- en koelbatterij (20 jaar);** Doorgaans koperen buizen met stalen frame die de luchtstroom verwarmt of koelt.
7. **Bevochtiger (4 tot 10 jaar);** De bevochtiger zorgt met stoom of water voor het bevochtigen van de luchtstroom. Dit onderdeel bestaat grotendeels uit metaal.
8. **Omkastingskast (30 tot 50 jaar);** De omkastingskast van de luchtbehandelingskast die zorgt voor het zo luchtdicht mogelijk samenwerken van alle onderdelen. Omkastingskast is meestal van plaatstaal gemaakt.
9. **Regeltechniek en elektromotoren (15 tot 20 jaar);** De regeltechniek en elektromotoren zorgen voor het op gepersonaliseerde ingestelde wijze functioneren van de LBK. Het bestaat grotendeels uit een verzameling van kunststoffen en metalen.



Figuur 2 | Overzicht van de onderdelen in een luchtbehandelingskast (afbeelding afkomstig van Orange Climate Verhulst, 2022).

De LBK heeft veel potentie als circulair product, aangezien de onderdelen gemakkelijk en onafhankelijk van elkaar vervangen kunnen worden. Momenteel gebeurt dit ook in de praktijk in de vorm van onderhoud vanuit de installateur, waardoor de levensduur van de LBK continue wordt verlengd. Door onderdelen te blijven vervangen zou de LBK een zeer lange levensduur kunnen hebben, aangezien de omkasting in goede condities lang meegaat. Door technologische vooruitgang en steeds efficiëntere LBKs worden ze vaak toch vervangen door nieuwere en veel efficiëntere LBKs.

Uit de huidige praktijk blijkt dat installateurs of slopers vaak een groot deel van de luchtbehandelingskast recyclen, omdat een groot deel bestaat uit staal. Het direct hergebruiken van (onderdelen van) de LBK komt echter nog weinig voor. Dit heeft vaak te maken met dat een LBK maatwerk is en onderdelen uitwisselen tussen LBKs daardoor lastig is. Daarnaast speelt ontwikkeling in energie-efficiëntie een belangrijke rol. Er liggen dus circulaire kansen in het ontwerp op het gebied van standaardisering van maten.

Milieu-impact luchtbehandelingskast

De milieu-impact van een LBK is grofweg in twee delen uit te splitsen: (1) als gevolg van productie van de LBK en (2) de impact als gevolg van energieverbruik in de gebruiksduur. De CO₂-

uitstoot van productie van een LBK is circa 16.500 kg CO₂-eq, terwijl dit voor gebruik afhankelijk is van het elektriciteits- en warmtegebruik en de CO₂-emissiefactor van dit gebruik, circa 439.000 kg CO₂-eq per jaar is (met een totaal van bijna 300.000 kg CO₂-eq over 25 jaar levensduur).

Meer dan 95% van de CO₂-uitstoot zit dus in de gebruiksfase. Het is belangrijk om dit in het achterhoofd te houden bij de toepassing van circulaire strategieën. Dit kan namelijk betekenen dat het vervangen van een oude LBK door een nieuwe de voorkeur heeft boven het hergebruiken van een LBK, omdat het simpelweg meer CO₂ bespaart. Het nadenken over een goed afvalscenario voor de bestaande LBK is dan van groot belang om de CO₂-impact te reduceren.

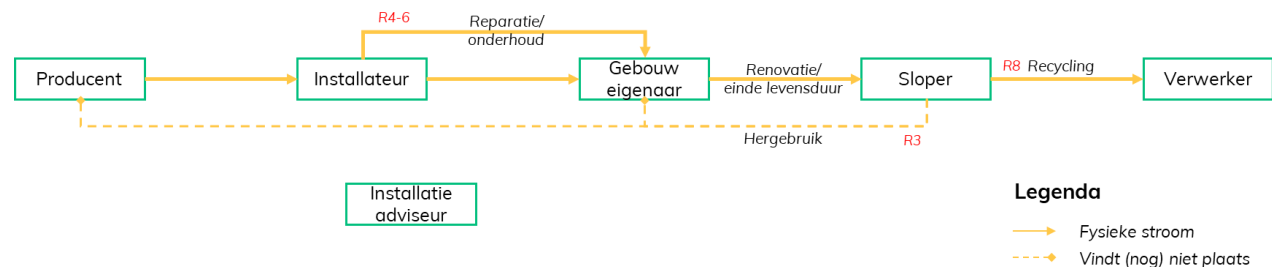
Ketenschets luchtbehandelingskast

In onderstaande ketenschets wordt schematisch weergegeven hoe de LBKs zich bewegen in de markt. Hieronder wordt per ketenstap geschetst wat er gebeurt met de LBKs en wat de huidige inspanningen zijn ten aanzien van circulariteit.

Producent

Producenten stellen in Nederland (of daarbuiten) hun producten samen en verkopen deze doorgaans aan installateurs. In de afgelopen decennia zijn enkele factoren bepalend geweest in het ontwerp van LBKs.

Ten eerste de ventilatiecapaciteit. De NEN 1087 is de norm voor het bepalen van ventilatie-eisen in gebouwen. Tot 2019 gold hiervoor de NEN 1087 uit 2001, die gestoeld was op eisen uit de jaren '80. Vanaf 2019 is er nieuwe norm met strengere eisen⁵. Dit houdt in dat er per tijdseenheid (bijv. per seconde) meer lucht gezuiverd moet worden en er daarmee behoefte is aan grotere LBKs die



Figuur 3 | Ketenschets luchtbehandelingskasten.

dus ook meer ruimte in een gebouw innemen evenals de ventilatieschachten en kanaalwerk.

Ten tweede het energiegebruik van de installaties. De minimale energie-eisen zijn opgenomen in de 'energy-related products' (ERP) richtlijn van de EU. Via deze richtlijn worden de energie-efficiëntie eisen periodiek aangescherpt. Zo moeten de ventilatoren sinds 2018 energie-efficiënt en regelbaar zijn en is 70% warmteterugwinning bij gebalanceerde ventilatiesystemen verplicht⁶. Ook hier zien we dat dit leidt tot grotere LBKs, omdat er dan meer lucht tegelijkertijd in de kast kan, daardoor de weerstand lager is en daarmee een lagere ventilatorcapaciteit gebruikt kan worden.

Ten derde ontwerpeisen. Eén producent gaf aan de eigen LBKs al tien jaar modulair, in standaard maten en volledig demontabel te bouwen. Hiermee wordt flexibel produceren mogelijk, kunnen kasten op maat worden gemaakt en is onderhoud en reparatie makkelijker. Tegelijkertijd wordt aangegeven dat bij het toetsen van de milieu-impact van een LBK middels een LCA, enkel rekening wordt gehouden met de productiefase (module A). Hierdoor wordt zo min mogelijk materiaal gebruikt, wat toekomstige herbruikbaarheid kan verminderen.

Hergebruik van oude LBKs in nieuwe gebouwen vindt nagenoeg niet plaats, omdat de oude kasten

niet voldoen aan de nieuwste richtlijnen. Wat wel eens gebeurt, is het opknappen en verduurzamen van bestaande LBKs in gebouwen, als ze toegankelijk zijn. Een voordeel daarbij is dat ze niet aan de nieuwste eisen hoeven te voldoen; enkel aan de eisen van het bouwjaar van het gebouw. Bovendien is verduurzamen van oude kasten an sich altijd goedkoper dan het investeren in nieuwe kasten.

Hergebruik van componenten is wel meer mogelijk. Zo kunnen de omkasting, warmtewisselaars, roosters en filterframes hergebruikt worden. Ventilatoren en elektromotoren van oude LBKs zijn lastiger, omdat in de afgelopen jaren de techniek veranderd is.

Installateur

De installateur krijgt haar producten van de producent (met garantie) en installeert deze in gebouwen. Hierbij geeft de installateur een garantie af aan de gebruiker. Gedurende de levensduur is de installateur in nauwe samenwerking met de producent verantwoordelijk voor het functioneren van de LBK. Omdat hergebruik van onderdelen of materialen vaak in overleg met de producent of sloper gaat, kan de installateur hier een belangrijke rol in spelen. Met name bij de bouw of onderhoud is de installateur betrokken. Van de installateur mag worden verwacht dat de producten en materialen die bij

onderhoud worden verwijderd, bij de juiste partij terecht komen, zodat dit weer in de technische kringloop terecht kan komen.

Installatieadviseur

De installatieadviseur heeft een belangrijke rol in de keten voor LBKs. Samen met de ontwikkelaar van een nieuw gebouw bepaalt deze de benodigde functionaliteiten van het ventilatiesysteem, welke vervolgens door de producent wordt gebouwd. Vanuit haar business model ontwerpt de installatieadviseur het liefst een zo specifiek mogelijk ventilatiesysteem per gebouw. Hierdoor is standaardisatie en overdimensionering (wat toekomstig hergebruik mogelijk maakt) in de regel niet aan de orde. Ook worden LBKs meestal niet op 100% capaciteit ontworpen, omdat dat nooit gebruikt wordt. Meestal worden ze op 80-90% ontworpen, waardoor ze dus kleiner worden en toekomstig hergebruik opnieuw lastiger wordt. De installatieadviseur kan in het ontwerp dus een belangrijke rol spelen in het toepassen van standaardisatie en overdimensionering.

Gebouweigenaar

De gebouweigenaar heeft een kleine rol in de keten voor LBKs. Na installatie maakt deze gebruik van de LBK. Bij storingen, reparaties of afvoeren is zij minimaal betrokken.

Sloper

In het kader van dit onderzoek is met een groot aantal slopers gesproken (zie Bijlage 2), echter wel met name met slopers die grotere projecten aannemen.

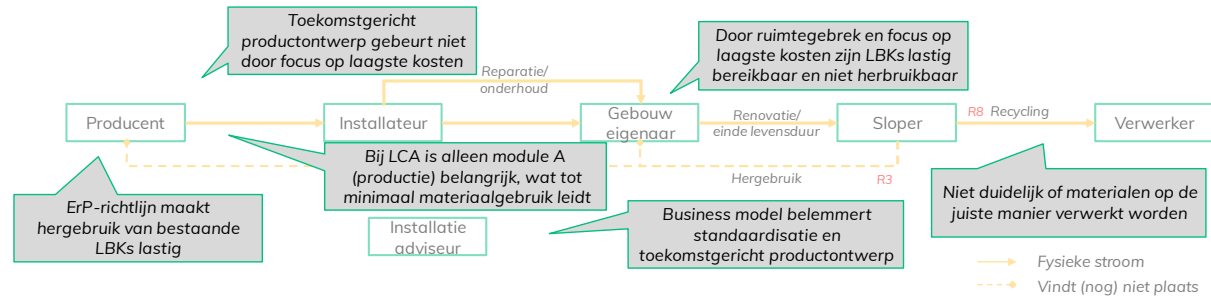
LBKs worden meestal door een sloper uit het gebouw gehaald. Dit gebeurt aan het eind van de levensduur van het gebouw, maar ook als het gebouw van functie wisselt. Soms wordt dit door een installateur gedaan. Omdat een LBK grote hoeveelheden metalen bevat, voeren slopers deze bijna altijd af naar grote verwerkers. Het is ons niet bekend of deze verwerkers gecertificeerd zijn.

Verwerker

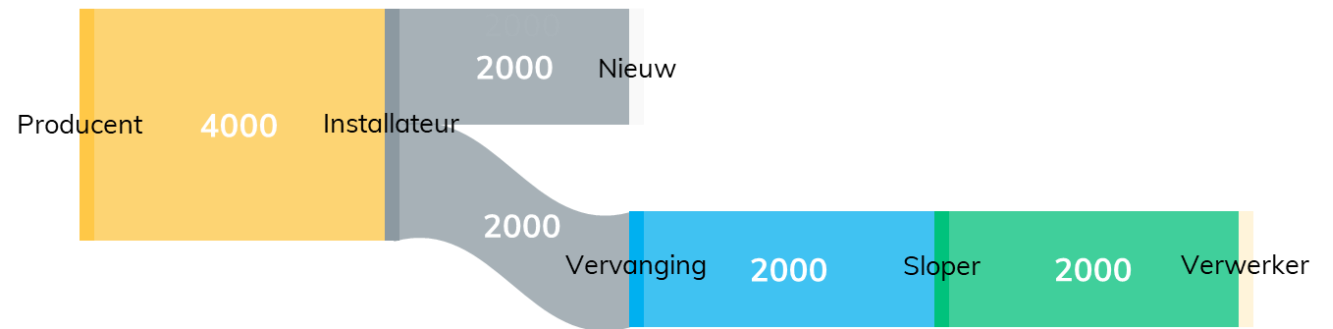
LBKs worden vooral door grote verwerkers ingenomen. Er is in dit onderzoek helaas maar één verwerker gesproken, waardoor het lastig te bepalen is of verwerkers in algemene zin deze zelf (gecertificeerd) verwerken. Uit verschillende gesprekken blijkt dat verwerking soms bij onderaannemers terecht komt, waarbij het niet duidelijk is of deze gecertificeerd zijn. Hierdoor is niet duidelijk of de LBKs op de juiste manier verwerkt worden zodat zoveel mogelijk materialen hoogwaardig hergebruikt worden

Huidige belemmeringen voor circulariteit

De huidige belemmeringen voor circulariteit in de keten van LBKs zijn in Figuur 4 te zien. In



Figuur 4 | Huidige belemmeringen voor circulariteit in de keten van luchtbehandelingskasten.



Figuur 5 | Jaarlijks stroomschema van luchtbehandelingskasten

hoofdstuk 3 zullen we deze aangrijpingspunten vertalen naar concrete aanbevelingen om de circulariteit van de keten van LBKs te verbeteren.

Omvang stromen

Elk jaar worden er duizenden LBKs geproduceerd en op de markt gebracht. Uit gesprekken met producenten en installatieadviseurs bleek dat het momenteel om zo'n 4000 kasten per jaar gaat. Hiervan zou de helft worden ingezet bij

nieuwbouw en de andere helft voor vervanging van bestaande kasten ingezet worden. Zie Figuur 5 voor een overzicht.

Alle 2000 bestaande LBKs die bij renovatie vrijkomen, worden momenteel verwijderd door de sloper en vervolgens afgeleverd bij verwerkers. Het zijn voornamelijk grotere, gerenommeerde slopers die dit doen en die bovendien aangaven de LBKs te verkopen aan grote verwerkers. We

hebben niet kunnen verifiëren of deze verwerking gecertificeerd plaatsvindt. Momenteel loopt er nog geen stroom vanuit renovatie of sloper terug naar de producent.

Circulaire potentie luchtbehandelingskasten

Elk product heeft in meer of mindere mate theoretische potentie voor circulaire strategieën.

Dit kan bijvoorbeeld afhangen van hoe product ontworpen is, hoe hoog de waarde van het product is en hoe snel het product innoveert. In dit onderzoek gebruiken we voor het bepalen van deze circulaire potentie de Vingerafdrukmethode, ontwikkeld door TNO. Deze methode bestaat uit vier stappen, te zien in Tabel 1.

Op de volgende pagina worden de vier stappen voor LBKs beschreven.

Tabel 1 | Stappen in Vingerafdrukmethode⁷ en toepassing binnen dit onderzoek

Stap	Naam	Beschrijving	Toepassing in dit onderzoek
1	Vaststellen van product-eigenschappen	Hier wordt voor een product 10 producteigenschappen vastgesteld. Deze eigenschappen zijn: gemiddelde prijs, levensduur, volume/gewicht per product, technische dynamiek, paraat staan, data beschikbaarheid, gebruik door een ander, modulariteit, dissipatief gebruik en materialen die bij recycling gelijke prijs als virgin hebben.	Hetzelfde als onder beschrijving.
2	Bepalen huidige en toekomstige circulariteit	Hier worden de producteigenschappen uit stap 1 gekoppeld aan drie circulaire strategieën: intensiever gebruik, langere levensduur en recycling. Op basis van de producteigenschappen wordt ingeschat hoeveel potentie het product heeft voor deze strategieën. Vervolgens wordt met behulp van experts vastgesteld hoeveel van de potentie op dit moment al geogst is.	Hetzelfde als onder beschrijving.
3	Expert judgement drijfveren	Hier wordt met behulp van experts een inschatting gemaakt in hoeverre de nog te benutten potentie in de komende jaren daadwerkelijk gerealiseerd gaat worden. De experts worden bevraagd aan de hand van vier drijfveren: technologisch (zoals nieuwe technieken), economisch (hoe veranderen kosten en opbrengsten?), wettelijk (komt er beleid waardoor het product meer of minder aantrekkelijk wordt), sociaal-cultureel (worden en gedragsveranderingen verwacht)	Hier worden geen experttafels gehouden, maar verzamelen we inzichten vanuit geïnterviewde partijen. Deze vertalen we naar aanbevelingen voor een nieuwe inrichting van de keten.
4	Becijferen impact	Met de inschatting van experts uit stap 3 wordt vervolgens kwantitatief doorgerekend hoeveel CO ₂ bespaard kan worden met een specifieke circulaire strategie. Dit gebeurt op basis van de Vingerafdruk database.	LBKs en CV-ketels komen niet in de database voor. Daarom worden in dit onderzoek LCA's en marktcijfers gebruikt om de milieu-impact van de nieuwe inrichting van de keten te bepalen. We richten ons hierbij op CO ₂ en grondstoffen.

Vaststellen producteigenschappen bepalen circulaire potentie (stap 1 en 2)

In Tabel 2 is de circulaire potentie voor LBKs te zien. Voor een uitgebreide uitleg van alle antwoordmogelijkheden en punten, zie Bijlage 3.

Uit de tabel hiernaast blijkt dat LBKs een grote circulaire potentie op alle drie circulaire strategieën. Voor intensiever gebruik is de potentie 67%. De LBK kan inderdaad nog intensiever gebruikt worden, maar de vraag is of dat in de praktijk altijd nodig is. Voor een langere levensduur is de potentie 81%. Dit geldt voor zowel het product als geheel als de componenten. Dit komt vooral door de prijs, de levensduur en de modulariteit van het product. Voor recycling heeft een LBK de maximale potentie. Er worden immers veel metalen gebruikt, materialen die waarde vast zijn en de totale productprijs is ook hoog.

Deze percentages zullen gebruikt worden voor het inschatten van hoe de nieuwe circulaire keten er qua aantallen uit zou komen te zien. Daarvoor hebben we ook de aanbevelingen uit stap 3 nodig.

Aanbevelingen op ketenniveau (stap 3)

Op pagina 5 stonden we al kort stil bij diverse aangrijpingspunten in de huidige keten van LBKs. Op basis van de analyse van de keten doen wij vijf aanbevelingen, welke hieronder schematisch zijn weergegeven op hun aangrijpingspunt in de

Tabel 2 | Circulaire potentie luchtbehandelingskasten op drie verschillende strategieën

Eigenschap	Antwoord	Intensiever gebruik	Langere levensduur	Recycling
Prijs/artikel (EUR)	>1000	1,0	1,0	1,0
Levensduur (jaar)	>20	0,0	1,0	0,0
Volume/gewicht per artikel (kg)	>1000	0,0	1,0	0,5
Technische dynamiek (jaar)	>10	0,5	1,0	0,0
Deel van de tijd dat product paraat moet staan?	30-80%	0,5	0,5	0,0
Data beschikbaar van product (productie en gebruiksfase)?	Ja	1,0	1,0	1,0
Is product gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Nee	0,0	0,0	0,0
Minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen?	Ja	1,0	1,0	1,0
Directe dissipatie?	Nee	0,0	0,0	0,0
Aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled	>50%	0,0	0,0	1,0

Totaal score	4,0	6,5	4,5
Max score	6,0	8,0	4,5
Circulair potentieel	67%	81%	100%



Figuur 6 | Schematische weergave van aanbevelingen voor een meer circulaire LBK-keten

keten. Bij de beschrijving van elke aanbeveling is aangegeven in welke mate deze incrementeel (I) of radicaal (R) van aard is.

1. ErP-richtlijn en circulair productontwerp kunnen elkaar versterken

I ●●○○○ R

De ErP-richtlijn heeft er de afgelopen jaren voor gezorgd dat LBKs steeds energiezuiniger moesten worden, waardoor hergebruik van gebruikte LBKs niet mogelijk is. Deze konden simpelweg niet voldoen aan de nieuwste eisen. Het is daarom een verrassing om te constateren dat de ErP-richtlijn en circulair productontwerp elkaar juist kunnen versterken. Het zuiniger maken van LBKs kan op meerdere manieren: enerzijds kunnen de componenten die energie gebruiken op zich efficiënter worden gemaakt.

Anderzijds kan ook gekozen worden om de LBK groter te maken, zodat er meer lucht tegelijkertijd in kan verblijven. Dit verlaagt de weerstand en daarmee het vermogen dat nodig is om de lucht in beweging te krijgen. Een groter ontwerp geeft tegelijkertijd meer mogelijkheden om toekomstgericht te ontwerpen. Momenteel worden LBKs op 90% of 100% van de benodigde capaciteit in een gebouw gebouwd. Als LBKs op bijvoorbeeld 120% capaciteit gebouwd worden, dan kan deze in de toekomst makkelijker opnieuw ingezet worden om aan strengere energie-eisen te voldoen.

Voor hergebruik van LBKs op korte termijn zou een oplossing kunnen zijn om relatief jonge LBKs opnieuw in te zetten bij kleinere panden. Dit kan bovendien aangevuld worden met een kleine LBK om het volume aan te vullen.

2. UPV biedt incentives voor circulair ontwerpen

I ●●●●○ R

Momenteel wordt het ontwerp van LBKs bepaald door ventilatie- en energie-eisen en nadruk op kosten. Door ventilatie- en energie-eisen moeten nieuwe LBKs steeds meer kunnen ventileren met minder energie. Hierdoor zijn oude LBKs vaak niet goed inzetbaar (ook omdat ze niet toekomstgericht ontworpen zijn). Vanuit gebouw eigenaren wordt nog teveel aanbesteed op laagste prijs. Het gevolg hiervan is dat LBKs op het minimaal benodigde volume ontworpen worden en dat kasten zo klein mogelijk gebouwd worden; dat spaart immers materialen.

UPV kan een middel zijn om de incentives in het ontwerpen te veranderen. Met een UPV-systeem worden (groepen) producenten verantwoordelijk voor (delen van) de gebruiksen einde levensduurfase. Deze verantwoordelijkheid is er nu al (deels) doordat installateurs met producenten samenwerken tijdens vervangen of reparaties. Maar dit kan vergroot worden door producenten ook verantwoordelijk te maken voor het verbeteren van de prestaties van LBKs gedurende de levensduur.

Tegelijkertijd kan een producent hiermee haar voordeel doen. Met slim ontwerp kan ingespeeld worden op toekomstige veranderingen, wat de kosten reduceert. En doordat producenten over langere tijd kijken, zal

er minder nadruk liggen op het laag houden van de initiële investeringskosten. Dat is ook wat door producenten wordt aangegeven: investerings- en exploitatiekosten worden nog steeds teveel uit elkaar getrokken.

Met UPV wordt overdimensioneren aantrekkelijker en komt er ook ruimte voor een Product-as-a-Service (PaaS)-model; iets wat door meerdere producenten als belangrijke trend wordt genoemd.

3. Bij LCA in de ontwerpfase aandacht aan module D schenken

I ●●○○○ R

Bij de productie van LBKs wordt gebruik gemaakt van LCA om zo de milieu-impact inzichtelijk te maken. Hierbij werd aangegeven dat alleen module A meegenomen wordt. Dat betekent dat enkel de milieu-impact van de productiefase leidend is, terwijl de milieu-impact in de gebruiksfase en einde levensduur niet worden meegenomen. Nu wordt de milieu-impact in de gebruiksfase gedekt met de ErP-richtlijn, maar de impact van wat er aan het einde van het gebruik gebeurt niet. Door in de LCA ook aandacht te geven aan module D zullen producenten meer rekening houden met waar de LBK na een eerste levensduur beland. Hierbij is het wel essentieel dat module D niet gebruikt gaat worden om te grote impact in de productiefase te compenseren (zie [Bosch, van Leeuwen en Anink \(2022\)](#)).

4. Business model gericht op getrapte standaardisatie kan tot een voortrekkersrol leiden

I ●●●●○ R

Installatieadviseurs zijn betrokken bij het ontwerpen van gebouwen om te adviseren over de installatietechnische inrichting. Weinig gebouwen lijken op elkaar en dat maakt dat elk gebouw ook over een specifieke luchtbehandeling beschikt. Dit is hoe de bouw de afgelopen decennia gewerkt heeft en alle betrokkenen hebben ook hun business model daarop ingericht. De architect probeert van elk gebouw een unieke ervaring te maken en de installatieadviseur kan haar advies daarop aansluiten.

Dit business model is echter een barrière voor circulariteit. Doordat weinig LBKs echt op elkaar lijken is de herbruikbaarheid erg laag. Standaardisatie in ontwerp van luchtbehandelingssystemen zou het veel makkelijker maken om LBKs te hergebruiken. En de installatieadviseur kan haar business model daarop aanpassen door bijvoorbeeld gestandaardiseerde LBKs voor specifieke luchtbehandelingsvolumes te adviseren. Dus geen volledige standaardisatie (wat vanuit de verscheidenheid aan gebouwen ook niet wenselijk is), maar 'getrapte standaardisatie' waarbij voor elke volgende range aan volumes (bijv. 5000 m³ tot 7500 m³) een standaard LBK ontworpen kan worden. Installatieadviseurs die hier als eerst op inspringen, kunnen een voortrekkersrol gaan vervullen. Uiteraard is

hierbij ook belangrijk dat deze standaardisatie vanuit de leverancier mogelijk gemaakt wordt.

5. Betere registratie van LBKs

I ●●○○○ R

We hebben in deze verkenning gezien dat het grotendeels onduidelijk is hoe de stromen van LBK's lopen na verkoop. Betere registratie van deze stromen kan ervoor zorgen dat de LBK's beter gevolgd kunnen worden, wat zowel kan leiden tot producthergebruik als tot betere verwerking en daarmee hoogwaardiger materiaalhergebruik. Ook kunnen we door een betere registratie beter zicht krijgen op het al dan niet halen van de verwerkingsdoelstellingen van de WEEE-richtlijn.

6. In gebouwonwerp circulariteit een grote rol geven + uitvragen op waardes i.p.v. kosten

I ●●●●○ R

Nog te vaak wordt de markt gevraagd om een installatiepakket voor een nieuw gebouw tegen de laagste prijs aan te bieden. In combinatie met de focus op investeringskosten heeft dit een aantal gevolgen. Ten eerste is het een barrière voor circulair productontwerp. Bij circulaire producten zijn de investeringskosten vaak hoger, maar kan dit over tijd terugverdiend worden. Ten tweede worden installaties precies op het benodigde volume van het betreffende gebouw ontworpen, waardoor hergebruik lastig wordt. Ten tweede wordt de kast zo kort mogelijk gebouwd om investeringskosten te sparen. Ook dit staat hergebruik in de weg. Bovendien is ruimte in een gebouw schaars,

omdat met elke m² geld verdiend kan worden. Daardoor is er vaak minder plek voor (grotere) LBKs en zijn ze minder goed bereikbaar.

Als circulariteit in het ontwerp een grotere rol krijgt, wordt het voor installatieadviseurs en producenten ook makkelijker om een circulair product toe te passen. Dit maakt met een transitie van het denken in investeringskosten naar denken op langere termijn waardecreatie een succesvolle prikkel voor circulaire gebouwen met circulaire installaties.

Impact nieuwe keten (stap 4)

Met de aanbevelingen op ketenniveau kan de LBK-keten meer circulair worden ingericht. Groter ontwerp van LBKs is belangrijk om toekomstig hergebruik mogelijk te maken. Dit zal als belangrijkste factor dienen om verschillende scenario's voor de impact van de nieuwe keten te berekenen.

In Tabel 3 (op de volgende pagina) staan alle getallen die gebruikt zijn om scenario's door te rekenen.

Vervolgens zijn er drie scenario's gemaakt om te bepalen hoeveel LBKs er op de markt worden gebracht en tot hoeveel CO₂-uitstoot dit leidt. Het verschil tussen de scenario's wordt gemaakt door een andere groei van het aantal grote LBKs per scenario, zie Tabel 4.

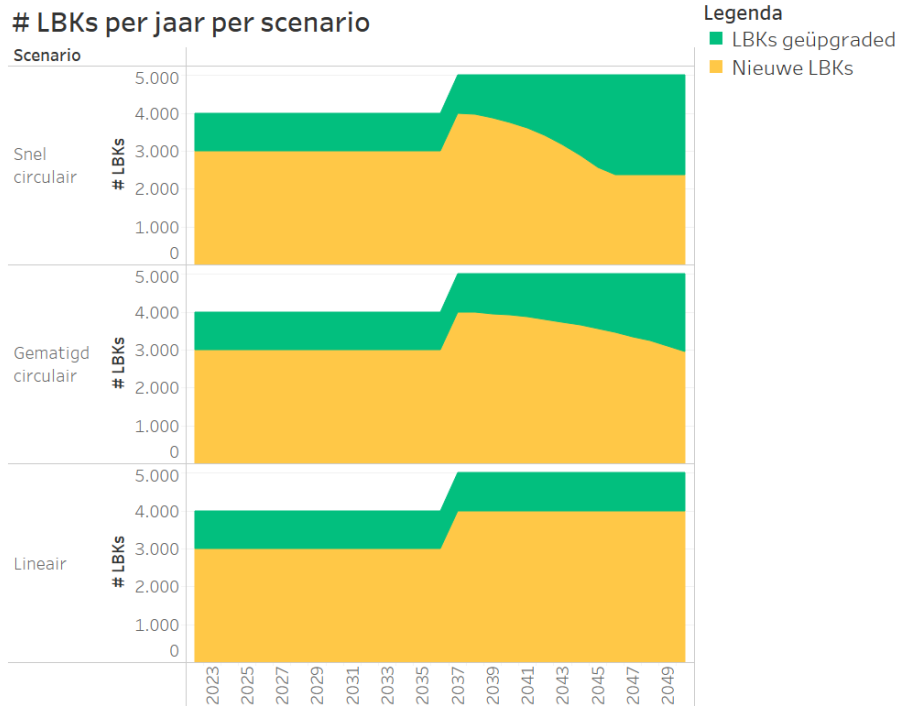
Tabel 3 | Getallen en aannames t.b.v. scenario's circulaire keten LBK

#	Uitleg	Referentie
1	De gemiddelde leeftijd van een LBK is 30 jaar. Na 30 jaar worden LBKs vervangen door een nieuwe LBKs.	Aanname o.b.v. interviews
2	Een gemiddelde LBK heeft een gewicht van 1860 kg.	Offerte Orange Climate Verhulst (2021)
3	Groter ontworpen LBKs zijn 20% groter dan 'normale' LBKs. Deze milieu-impact van productie is ook 20% groter.	Aanname ¹
4	Maximaal 81% van de LBKs kunnen groter ontworpen worden.	Uitkomst Vingerafdrukanalyse
5	50% van de normale LBKs worden na 15 jaar geüpgraded.	Aanname o.b.v. interviews
6	100% van de grote LBKs worden na 15 jaar geüpgraded.	Aanname
7	Normale LBKs hebben na de upgrade 30% minder elektriciteits- en warmteverbruik.	Aanname o.b.v. interviews
8	Grote LBKs hebben na de upgrade 50% minder elektriciteits- en warmteverbruik, omdat ze toegankelijker zijn en er meer ruimte is om innovaties te implementeren.	Aanname
9	Elke 10 jaar gaan nieuwe LBKs 15% minder elektriciteit en warmte gebruiken	Aanname o.b.v. interviews
10	De CO ₂ -uitstoot van de productie van een LBK is gemiddelde 16.500 kg.	O.b.v. LCA-data uit ecoinvent
11	De CO ₂ -emissiefactor voor elektriciteit in 2022 is 0,475 kg CO ₂ per kWh en volgt de daling t/m 2050 vanuit de Klimaat- en Energieverkenning van het PBL.	PBL (2021), Klimaat- en Energieverkenning ⁸
12	Voor warmtelevering aan LBKs is uitgegaan van een gemiddeld warmtenet. Hiervan is de uitstoot 26,85 kg CO ₂ per GJ. Dit getal geldt vanaf 2017.	CO ₂ emissiefactoren (2022) ⁹
13	Voor de daling van CO ₂ -emissiecijfer voor warmte t/m 2050 is uitgegaan van de uitstoot van de warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving.	CE Delft (2020) ¹⁰

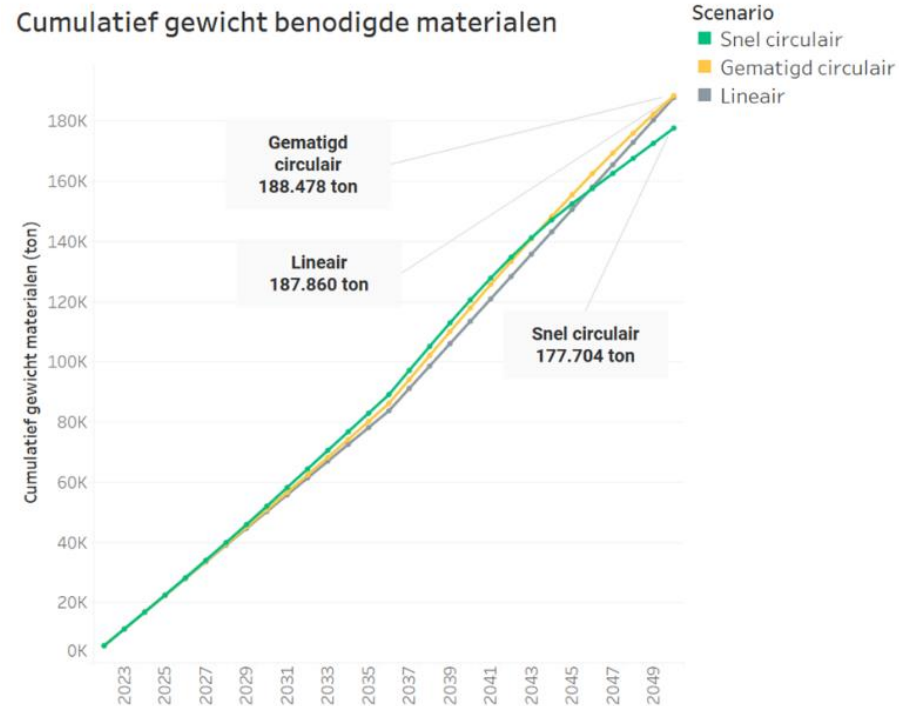
Tabel 4 | Scenario's voor nieuwe LBK-keten

Scenario	Groei grote LBKs in jaar 1	Groei grote LBKs in opvolgende jaren
Lineair	0%	Groei voorgaand jaar + 0%
Gematigd circulair	1%	Groei voorgaand jaar + 0,5%
Snel circulair	2%	Groei voorgaand jaar + 2%

¹ Een LBK die 20% toeneemt in grootte heeft niet perse 20% meer materialen. Er zal in verhouding minder materiaal nodig zijn, maar daar gaan we hier gemakshalve niet vanuit.



Figuur 7 | Aantal LBKs per jaar per scenario



Figuur 8 | Cumulatief gewicht aan materialen benodigd per scenario t/m 2050

LET OP! In de scenario's wordt de huidige markt (qua grootte en soorten) niet meegenomen. Hiervan zijn geen gegevens bekend. De scenario's geven dus alleen inzicht in de cijfers voor LBKs die vanaf 2022 op de markt komen.

In Figuur 7 zijn het aantal LBKs per scenario te zien.

In het lineaire scenario is er een constant aantal LBKs dat geüpgraded wordt. Ook komt er een constant aantal nieuwe LBKs elk jaar op de markt,

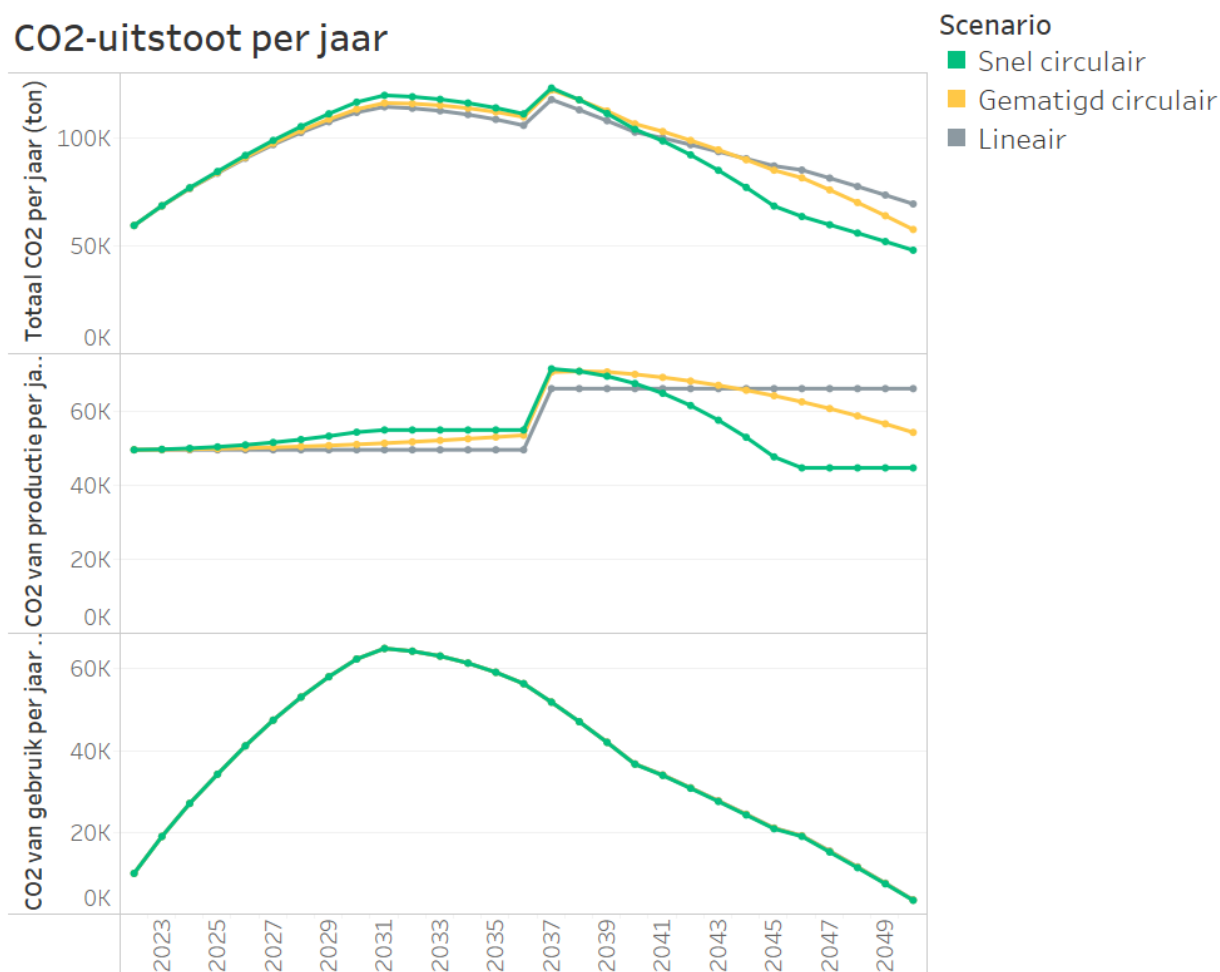
tot 2037. Deze nieuwe LBKs worden in nieuwe gebouwen of bij vervanging van andere LBKs ingezet.

De knik bij 2037 komt doordat de LBKs die in 2022 zijn geüpgraded dan vervangen moeten worden (en elk jaar erna). In de circulaire scenario's is te zien dat vanaf 2037 minder nieuwe LBKs ingezet hoeven te worden. Omdat grote LBKs 20% meer materialen nodig hebben, is het ook verstandig te kijken naar de hoeveelheid materialen die t/m 2050 nodig is, zie Figuur 8. Hier is te zien dat het gewicht aan benodigd materiaal over de periode t/m 2050 in het snelle circulaire scenario ca. 5% minder is dan in de andere twee scenario's. Des te sneller er wordt ingezet op een meer circulaire keten, des te meer materiaal bespaard gaat worden.

De vraag is natuurlijk of dit ook leidt tot een verminderde CO₂-impact in de circulaire scenario's. De CO₂-uitstoot per jaar per scenario is te zien in Figuur 9, waarin is te zien dat in de twee circulaire scenario's de jaarlijkse CO₂-uitstoot zeker t/m 2040 hoger is dan in het lineaire scenario. Dit ligt niet aan de CO₂-uitstoot van gebruik van LBKs (onderste deel van de figuur, nagenoeg gelijk voor alle scenario's), maar aan de verhoogde CO₂-uitstoot door productie van grotere LBKs.

Na 2040 daalt de jaarlijkse uitstoot in de circulaire scenario's tot onder die in het lineaire scenario. Dit komt omdat er minder nieuwe LBKs ingezet hoeven te worden, aangezien er meer grote LBKs zijn die hergebruikt worden.

CO₂-uitstoot per jaar

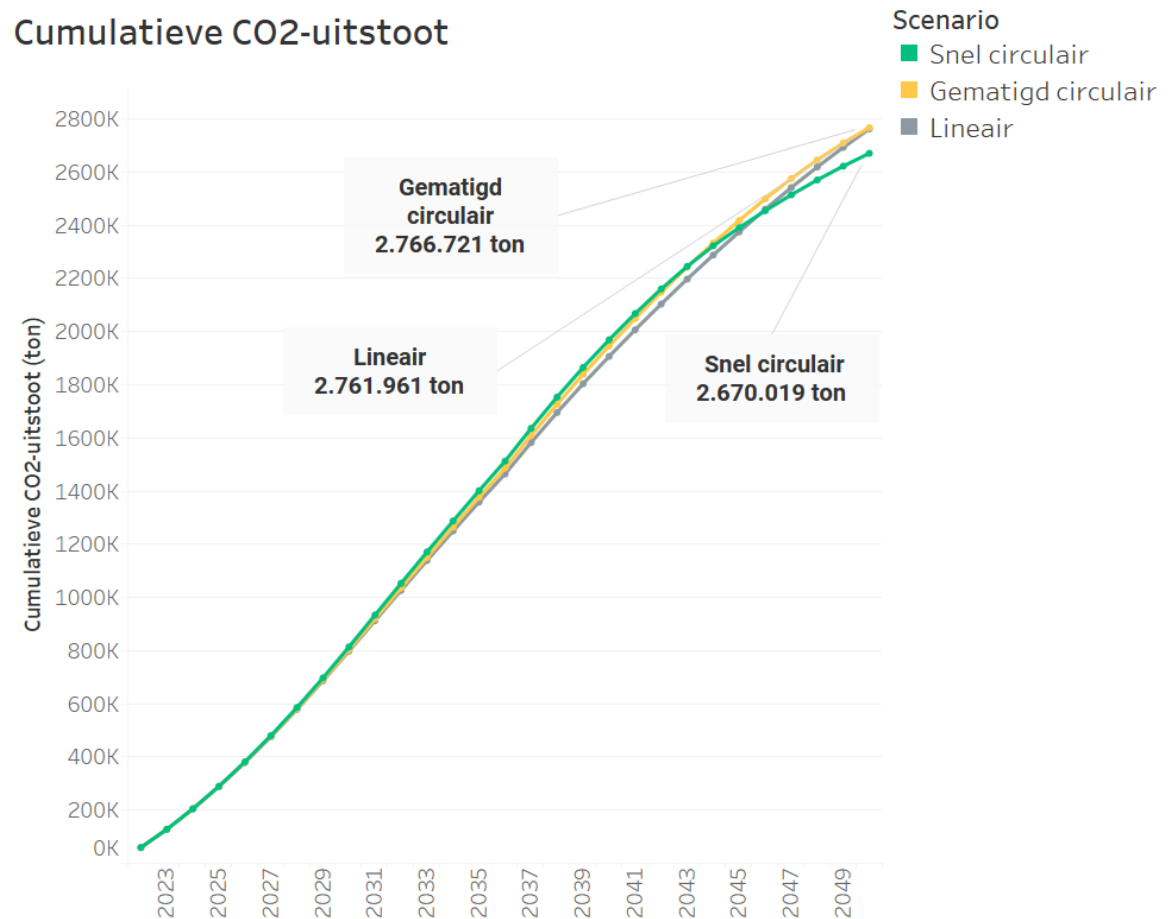


Figuur 9 | CO₂-uitstoot per jaar in verschillende scenario's

In Figuur 10 zien we de cumulatieve CO₂-uitstoot van de drie scenario's. Hierin kunnen we zien dat in het gematigd circulaire scenario (waarbij langzaam maar zeker meer grote LBKs worden geproduceerd) de cumulatieve CO₂-uitstoot in 2050 ongeveer gelijk is aan het lineaire scenario. In het snelle circulaire scenario komt deze uitstoot ruim 3% onder die in het lineaire scenario uit.

Ook zien we de CO₂-uitstoot afvlakken naarmate 2050 nadert. Dit komt doordat de CO₂-uitstoot van elektriciteits- en warmtegebruik bijna 0 wordt in 2050. Alle uitstoot in 2050 is daarom afkomstig van de productie van LBKs. Dit betekent dat het snelle circulaire scenario voor na 2050 veel voordelen kent. De CO₂-uitstoot van productie is in dit scenario in 2050 ca. 30% lager dan in het lineaire scenario (zie Figuur 9).

Cumulatieve CO₂-uitstoot



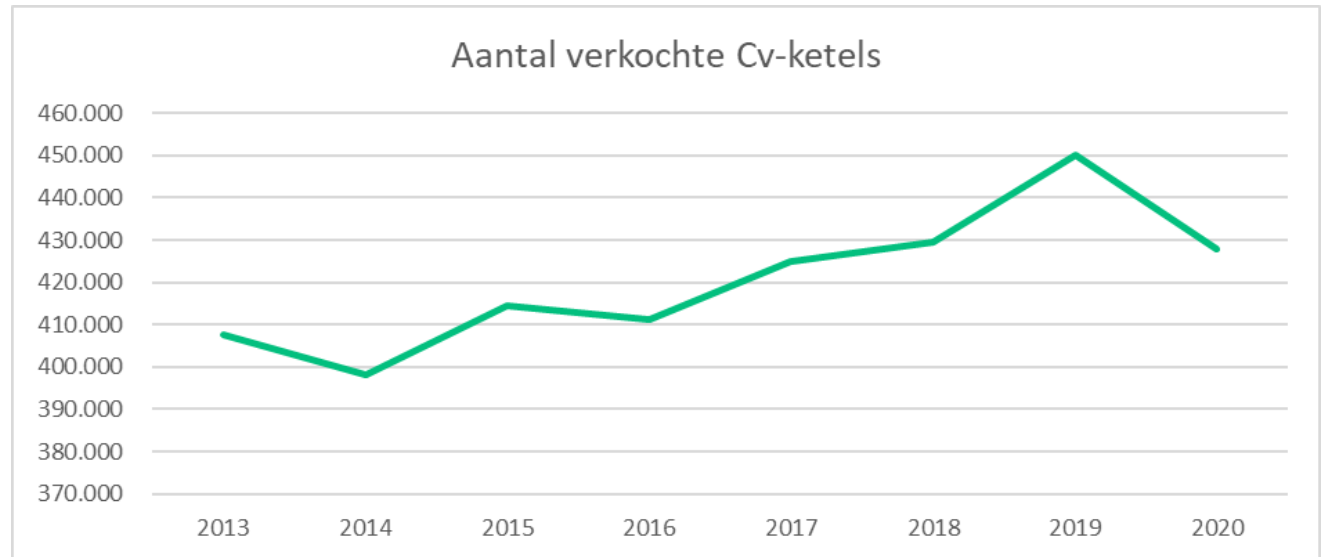
Hoofdstuk 3. CV Ketels

In dit hoofdstuk gaan wij in op CV-ketels. Hierbij kijken wij naar de huidige situatie betreffende circulariteit en hoe de keten functioneert. Ook kijken wij naar de impact van het product (in CO₂-emissies) en de hele keten.

Vervolgens gaan we in op de circulaire potentie van CV-ketels. Hierbij kijken we naar de circulaire ontwerpstrategieën en hoe deze een positieve impact kunnen hebben op de maatschappelijke opgaven zoals klimaatverandering. Ook nemen we de aangrijpingspunten in de keten om tot meer circulariteit te komen mee en geven we specifieke aanbevelingen ten aanzien van de AEEA-richtlijn.

Karakteristieken CV-ketel

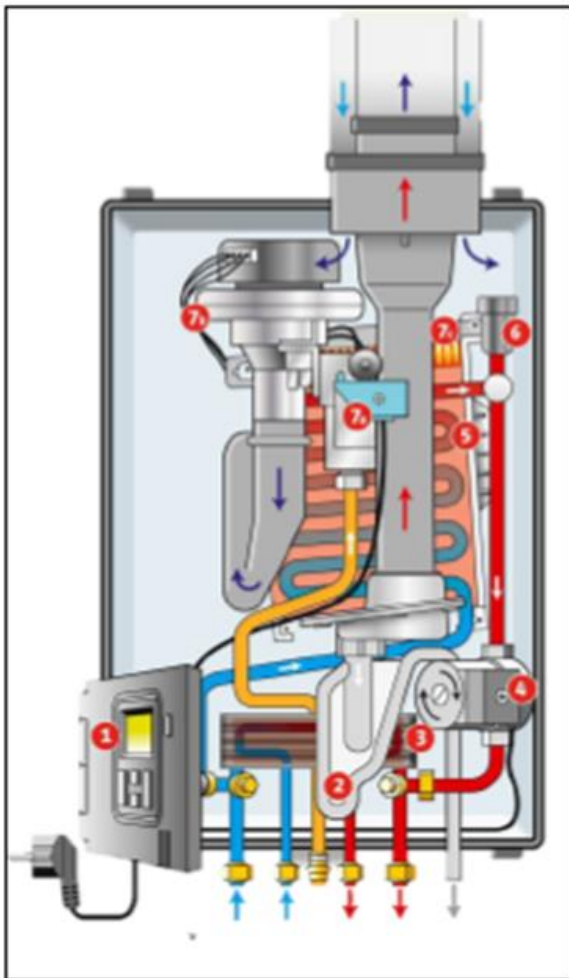
De centrale verwarmingsketel (CV-ketel) is de meest voorkomende verwarmingsinstallatie in Nederlandse woningen. De CV-ketel verwarmt de woning met aardgas. Hoewel er sinds 1 juli 2018 geen vergunningen meer worden afgegeven voor aardgas aansluitingen, worden er nog steeds nieuwe CV-ketels geplaatst. In Figuur 11 is het verloop van het aantal verkochte CV-ketels te zien. Bij circa 90% van de verkochte CV-ketels gaat het om de vervanging van bestaande. Dat betekent dat er jaarlijks ook rond de 375.000 CV-ketels vrijkomen.



Figuur 11 | Overzicht van het aantal verkochte CV-ketels over de afgelopen jaren (Bron: Gasmonitor 2021)

De gemiddelde levensduur van een CV-ketel is 15 jaar. Uit de praktijk blijkt dat het hierbij gaat om de technische levensduur. Simpel gezegd, de CV-ketel functioneert op dat moment niet (goed) meer en is kapot en moet vervangen worden. De CV-ketel is een complex apparaat, omdat water, gas en elektriciteit samenkomen. Tevens is de CV-ketel gedurende de gehele dag operationeel, waardoor onderdelen snel slijten of kapot gaan.

In Figuur 12 (op de volgende pagina) is te zien uit welke onderdelen een CV-ketel bestaat¹¹.



Figuur 12 | Overzicht van de onderdelen in een CV-ketel

1. **Computer;** deze geeft informatie over storingen en luchtdruk. Het bestaat uit een plastic moederbord met kunststoffen en metalen.
2. **Afvoer;** een kunststof sifon die het water afvoert naar de riolering.
3. **Platenwisselaar** en leidingen; deze leveren warm water voor de radiatoren en tapwater. De warmte uit de leidingen worden via de platenwissel uitgewisseld. Deze onderdelen zijn van metaal.
4. **Transportpomp;** dit zorgt ervoor dat water door leidingen worden gepompt. Het onderdeel is van metaal.
5. **Warmtewisselaar;** stelsel van buizen die warmte uit verbranding terugwint voor verwarming van het water. De buizen zijn van metaal.
6. **Ontluchter;** zorgt voor scheiding van lucht in het verwarmingscircuit. Deze is van metaal.
7. **Gasblok (a), ventilator (b) en brander (c);** deze zorgen voor de juiste verhouding tussen gas en lucht en verbranden het gas om voor de verwarming te zorgen. Deze onderdelen zijn van metaal.
8. **Behuizing;** de behuizing van een Cv-ketel is vaak van kunststof en in sommige gevallen van metaal.

De CV-ketel als product leent zich voor circulariteit, omdat onderdelen gemakkelijk en onafhankelijk van elkaar vervangen kunnen worden. In de praktijk gebeurt dit geregeld en worden door installateurs losse onderdelen vervangen, zodat de CV-ketel weer functioneert. Na 15 jaar is de slijtage vaak echter zo groot, en op meerdere onderdelen, dat een nieuwe CV-ketel geïnstalleerd wordt. Vervanging van de volledige CV-ketel kan ook sneller plaatsvinden, omdat CV-ketels steeds efficiënter worden waardoor het vanuit financieel en duurzaamheidsoogpunt voordelig kan zijn.

Uit de huidige praktijk blijkt dat sommige installateurs bij particuliere woningen goede onderdelen van CV-ketels eruit halen en opnieuw inzetten bij reparaties. Het is echter lastig om exact in kaart te brengen om welke hoeveelheden dit gaat. In theorie is het dus ook goed mogelijk om oude CV-ketels met nieuwe onderdelen te refurbishen.

Milieu-impact CV-ketel

Wanneer we naar de milieu-impact van de CV-ketel kijken, kunnen we deze uitsplitsen in twee delen: (1) de milieu-impact als gevolg van de productie en end-of-life van de CV-ketel en (2) de milieu-impact als gevolg van het energie- en gasverbruik van de CV-ketel. De milieu-impact als gevolg van de productie van een CV-ketel is

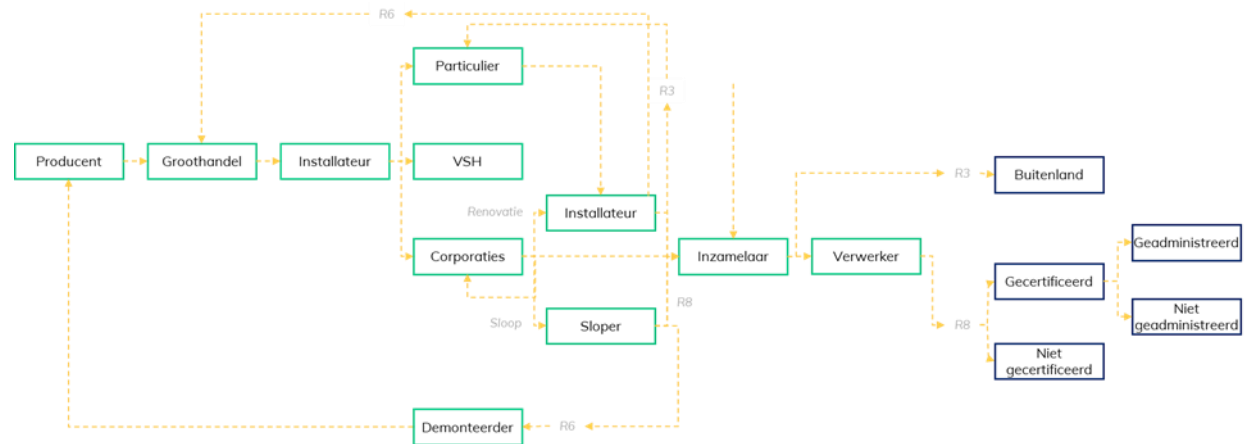
circa 400 kg CO₂-eq., terwijl de CO₂-uitstoot door het energieverbruik ruim 2.700 kg per jaar is.

Wanneer je de milieu-impact van een CV-ketel over de gehele levensduur van 15 jaar bekijkt, dan is duidelijk te zien dat het overgrote deel van de uitstoot wordt veroorzaakt door het energie- en gasverbruik van de ketel. Slechts een fractie wordt veroorzaakt door de materialen in- en productie van de CV-ketel. Het is belangrijk om dit in het achterhoofd te houden bij de toepassing van circulaire strategieën.

Dit kan namelijk betekenen dat, vanuit CO₂-oogpunt, het vervangen van een oude CV-ketel door een nieuwe efficiëntere ketel de voorkeur heeft boven het hergebruiken van een ketel. Kortom, hergebruik van (oudere) ketels op productniveau heeft niet de voorkeur. Het hergebruiken van onderdelen in refurbished CV-ketels kan echter wel heel goed, en kan ertoe leiden tot de milieu-impact van de CV-ketel op materiaalniveau daalt.

Ketenschets CV-ketel

Voor dit onderzoek is gekozen om te richten op de CV-ketels binnen de woningbouw, omdat dit het grootste aandeel betreft. In onderstaande ketenschets wordt schematisch weergegeven hoe de CV-ketels zich bewegen in de markt. Hiernaast wordt per ketenstap geschetst wat er gebeurt met



Figuur 13 | Ketenschets CV-ketels

de CV-ketels en wat de huidige inspanningen zijn ten aanzien van circulariteit.

Producent

Producenten stellen in Nederland (of daarbuiten) hun producten samen en verkopen deze doorgaans via groothandels. In de afgelopen jaren is de CV-ketel qua ontwerp significant veranderd – niet alleen is deze vele malen efficiënter geworden, maar ook wordt in de huidige CV-ketel meer gebruik gemaakt van kunststof in tegenstelling tot metaal. Dit heeft ook invloed op de waarde van deze nieuwe generatie CV-ketels: als product is de waarde vrij hoog, maar de materiaalwaarde ligt significant lager dan de vorige generatie CV-ketels.

Hoewel de producten relatief homogeen zijn, wordt er door de producenten toch een belangrijk verschil opgemerkt. Waar sommige producenten zich richten op een kwalitatief hoogwaardig product (en daarmee met name op de markt van particulieren) zijn er andere producenten die een goedkoper product aanbieden en aanvullende business genereren met de verkoop van onderdelen in de gebruiksfase.

Een andere belangrijke ontwikkeling is de transitie naar gasloze woningen die impact heeft op het toekomstig verdienmodel van producenten. Waar enkele producenten reeds zijn gestopt met het produceren van CV-ketels als gevolg van deze

ontwikkeling, zijn er ook producenten die nog geen duidelijke strategie hebben op het uitschakelen van CV-ketels.

De recente marktverstoringen (Covid en de oorlog in Oekraïne) zetten de levertijden van nieuwe producten onder druk. Dit heeft bij de producent nog niet geleid tot een focus op hergebruikte producten en/of onderdelen, echter is de verwachting dat bij aanhoudende toeleveringsproblemen hergebruik een steeds aantrekkelijker strategie zal worden.

Groothandel

De groothandel levert haar producten aan installateurs. Op dit moment zien de groothandels nog geen kansen in de verkoop van (her)gebruikte CV-ketels. De groothandels beginnen mondjesmaat met het leveren van hergebruikte producten maar doen dit met name met stapelbare producten die geen (technische) revisieslag behoeven voor herinzet.

Via de route van de groothandel wordt wel al gehandeld in gereviseerde onderdelen. Hierbij wordt wel aangegeven dat allen die onderdelen worden gereviseerd en niet gemodificeerd zodat de fabrikant nog wel verantwoordelijk is voor de onderdelen (bijv. onder het CE keurmerk).

Installateur

De installateur krijgt haar producten via de groothandel en levert haar diensten zowel aan woningcorporaties, eigenaren van vrije sector huurwoningen als particulieren. Voor woningcorporaties werken installateurs in toenemende mate met een prestatieovereenkomst, waarbij de installateur verantwoordelijk is voor het in stand houden van de ketel. Mede door een enorm tekort aan technici loont het dan ook voor de installateur om het aantal onderhoudsbeurten flink te verkleinen.

Enkele installateurs zijn al proactief bezig met circulariteit. Bij woningcorporaties is het mogelijk om producten te hergebruiken wanneer deze jong (<5 jaar) zijn, omdat de renovaties planbaar zijn en zodoende de tijd tussen vrijkomen en toepassen van de ketel zo kort mogelijk kan zijn. Ook wordt er door enkele installateurs gewerkt aan het hergebruik van componenten. Wanneer de ketels te oud zijn worden deze op verantwoorde wijze ingezameld en verwerkt.

Helaas is bovenstaande schets van de 'circulaire' installateur nog niet gemeengoed. Zo hebben diverse partijen ook aangegeven dat het verkopen van CV-ketels aan oud-ijzer ook een lucratief verdienmodel is voor individuele installateurs.

Gebruikers

Bij de gebruikers zien wij een belangrijke driedeling ontstaan tussen particulieren, vrije sector huur en woningcorporaties. Een belangrijk verschil dat hier opgemerkt kan worden is dat woningcorporaties een wettelijke verplichting hebben om hun voorraad te verduurzamen, en dat de transitie naar gasloos dus hier vlotter zal verlopen dan bij particulieren en de vrije sector – omdat de verduurzaming van installaties daar geen wettelijke verplichting kent.

Aan het einde van de levensduur is deze driedeling ook interessant. Op basis van de gehouden gesprekken zien we dat ketels van:

- Particulieren ofwel belanden in een afvalcontainer op straat, ofwel in de milieustraat, echter wordt het merendeel waarschijnlijk door een installateur worden meegenomen;
- Vrije sector huur bij renovaties waarschijnlijk door een installateur worden meegenomen, en bij sloop door een sloper;
- Corporaties kennen eenzelfde vervolg als de vrije sector huur, met de aanvulling dat ketels ook door eigen vaklieden kunnen worden opgeslagen voor hergebruik (o.a. voor onderdelen).

Sloper

In het kader van dit onderzoek is met een aantal slopers gesproken, waarvan niet duidelijk is of deze de CV-ketels gecertificeerd laten inzamelen of verwerken. We zien bij slopers dat de CV-ketels in grofweg drie stromen een vervolg krijgen:

- *Ketels met een leeftijd t/m 5 jaar.* Deze kunnen opnieuw worden ingezet, met name in de particuliere markt omdat daarmee de tijd tussen ontkoppeling en (her)ingebruikname zo kort mogelijk is en de risico's van bijv. koolmonoxidevergiftiging als gevolg van uitgedroogde rubbers gemitigeerd kunnen worden. De vraag naar hergebruikte ketels is in de Covid-19 pandemie toegenomen vanwege de toeleveringsproblemen waar producenten mee kampten en de langere levertijden van nieuwe ketels;
- *Oudere ketels.* Deze worden gebruikt voor het oogsten van onderdelen, die opnieuw door (selecte) producenten en groothandels ingezet kunnen worden;
- *Versleten ketels.* Deze worden als oud ijzer verwerkt. Alle slopers die wij hebben gesproken in het kader van dit onderzoek doen dat via gecertificeerde inzamelaars en verwerkers.

Milieustraat

Er worden onvoldoende CV-ketels ingeleverd bij de milieustraat om deze stroom op te nemen in onderhavig onderzoek.

Inzamelaar

CV-ketels worden vervolgens door diverse inzamelaars ingenomen. De stroom CV-ketels die bij de milieustraat wordt ingezameld via WeCycle belandt bij de inzamelaar die de betreffende aanbesteding heeft gewonnen voor het inzamelen. Een belangrijke uitdaging hierbij is dat de markt van inzamelaars die deze aanbesteding kan winnen steeds kleiner, omdat prijs een belangrijke rol speelt in deze aanbestedingen. Door de hoge mate van arbeid bij inzamelen, en de hoge kosten van arbeid, is het van belang om (i) goedkope arbeid (bijv. SROl) te kunnen inzetten en om (ii) voldoende volume te kunnen verwerken om schaalvoordeel te kunnen realiseren.

De stromen die vrijkomen middels slopers belanden vaak bij inzamelaars, waarvan niet duidelijk is of deze gecertificeerd zijn. De Stimuleringsregeling E-waste is opgezet om de doorstroom van niet-gecertificeerde inzamelaars naar gecertificeerde verwerkers te stimuleren¹². Het is echter wel aannemelijk dat een deel van de stroom CV-ketels die bij niet-gecertificeerde inzamelaars binnenkomt hun weg vindt naar het buitenland, omdat de waarde van afgedankte

CV-ketels in bijvoorbeeld Oost-Europa nog vrij hoog is door de premature fase van de energietransitie.

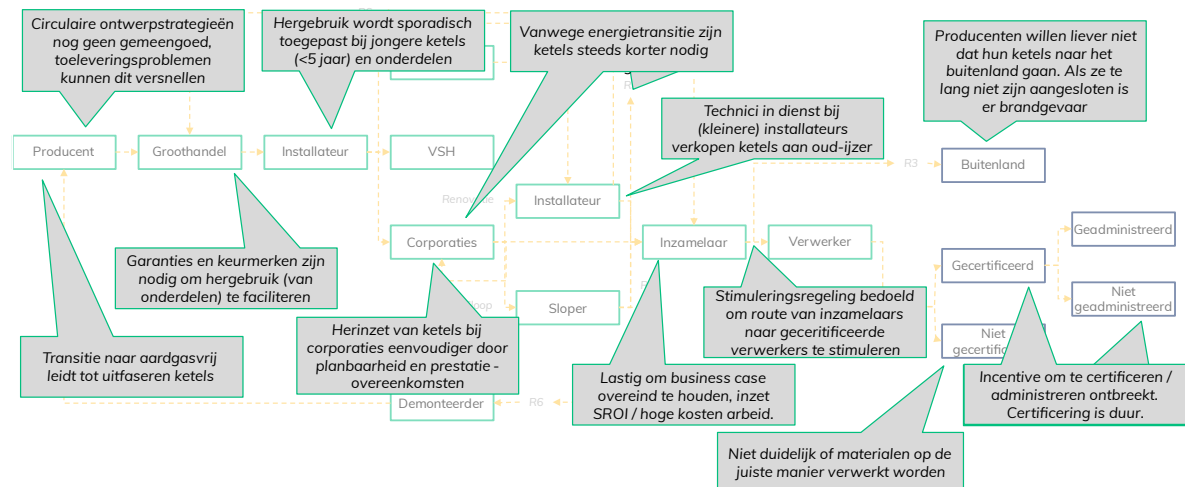
Verwerker

Er is in dit onderzoek helaas maar met één verwerker gesproken. Hierdoor berust onderstaande beschrijving op hetgeen wat gezegd is door deze verwerker en andere ketenpartners, en is daardoor mogelijk onvolledig.

Tot slot worden de CV-ketels verwerkt. We zien hier grofweg een vierdeling ontstaan:

- *Verwerking via WeCycle.* De stroom die wordt ingezameld en gesorteerd via de aanbesteding van WeCycle belandt bij de verwerker die eveneens de aanbesteding van WeCycle heeft gewonnen. Deze partij werkt conform de geldende certificaten en wordt als zodanig ook geregistreerd;
- *Verwerking andere gecertificeerde verwerkers.* Er is een stroom die bij gecertificeerde verwerkers belandt middels gecertificeerde of niet-gecertificeerde inzamelaars. Hier zien we echter een tweedeling ontstaan:
 - Een deel van deze stroom wordt gecertificeerd en geadmistreerd conform de richtlijn;

- o Een deel van deze stroom wordt waarschijnlijk verwerkt conform de richtlijn, echter wordt niet geadmistreerd omdat er onvoldoende incentive is voor partijen om hun stromen daadwerkelijk te administreren;
- Niet gecertificeerde verwerking. Vervolgens is er een stroom die door niet gecertificeerde verwerkers wordt verwerkt. Hoewel er een stimuleringsregeling is opgezet om zoveel mogelijk tonnages aan afgedankte elektronisch en elektrisch apparatuur bij gecertificeerde verwerkers te krijgen, is door de oud ijzer prijzen nog steeds een incentive om deze route niet te volgen.



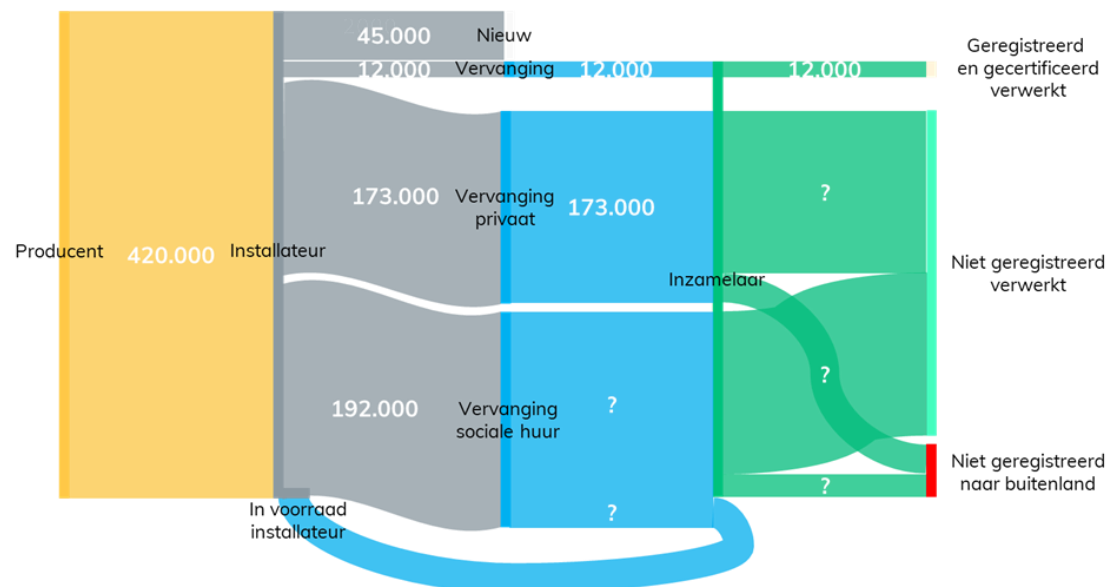
Figuur 14 | Huidige belemmeringen voor circulariteit in de keten van CV-ketels

Huidige belemmeringen voor circulariteit

De huidige belemmeringen in de keten van CV-ketels zijn in Figuur 14 te zien. In hoofdstuk 3 zullen we deze belemmeringen vertalen naar concrete aanbevelingen om de circulariteit van de keten van CV-ketels te verbeteren.

Omvang stromen

Een grote uitdaging aan de achterkant van de keten van een CV-ketel is het gebrek aan data en transparantie. Zoals eerder aangegeven worden jaarlijks circa 420.000 nieuwe CV-ketels de markt opgebracht en verdwijnen tegelijk ongeveer 375.000 van de markt, omdat deze vervangen



Figuur 15 | Jaarlijks stroomschema van CV-ketels^{13,14,15}

worden. Slechts 12.000 CV-ketels worden jaarlijks aangemeld bij gecertificeerde verwerkers die de materialen uit de CV-ketels recycelen. Van de ruim 360.000 CV-ketels die van de markt verdwijnen is onbekend wat hier mee gebeurt.

Op basis van kengetallen over de verdeling van de markt en interviews is een inschatting gemaakt van hoe de stroom CV-ketels uit de markt verdwijnen. In Figuur 15 is te zien dat ingeschat wordt dat jaarlijks ruim 170.000 CV-ketels in private woningen vervangen worden (zowel koop als vrije sector huur). Binnen deze stroom is het lastig om grip te krijgen op de CV-ketels, omdat consumenten geen verplichting hebben om de CV-ketel bij een gecertificeerde verwerker te brengen. De verwachting is dat een deel van deze CV-ketels via de installateur die de ketel vervangt naar de milieustraat gaat, waar deze uiteindelijk gerecycled wordt. Ook wordt een deel verkocht richting het buitenland. Uit het onderzoek blijkt dat een deel van de CV-ketels die verwijderd worden lokaal bij de corporaties opgeslagen wordt en dat deze opnieuw ingezet worden bij incidentele vervangingen door defecten. Een ander deel wordt naar alle waarschijnlijk bij verwerkers gebracht en gerecycled, maar niet geregistreerd.

Circulaire potentie CV-ketels

Elk product heeft in meer of mindere mate theoretische potentie voor circulaire strategieën.

Tabel 5 | Circulaire potentie CV-ketels op drie verschillende strategieën

Eigenschap	Antwoord	Intensiever gebruik	Langere levensduur	Recycling
Prijs/artikel (EUR)	>1000	1,0	1,0	1,0
Levensduur (jaar)	10-20	0,0	1,0	0,0
Volume/gewicht per artikel (kg)	10-100	0,0	0,5	0,0
Technische dynamiek (jaar)	>10	0,5	1,0	0,0
Deel van de tijd dat product paraat moet staan?	>80%	0,0	0,5	0,0
Data beschikbaar van product (productie en gebruiksfase)?	Nee	0,0	0,0	0,0
Is product gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Ja	1,0	1,0	0,0
Minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen?	Ja	1,0	1,0	1,0
Directe dissipatie?	Nee	0,0	0,0	0,0
Aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled	>50%	0,0	0,0	1,0

Totaal score	no potential	6,0	3,0
Max score	6,0	8,0	4,5
Circulair potentieel	#VALUE!	75%	67%

Dit kan bijvoorbeeld afhangen van hoe product ontworpen is, hoe hoog de waarde van het product is en hoe snel het product innoveert. In dit onderzoek gebruiken we voor het bepalen van deze circulaire potentie de Vingerafdrukmethode, ontwikkeld door TNO. Deze methode bestaat uit vier stappen, te zien in Tabel 1 op pagina 7. Hieronder wordt invulling aan deze stappen gegeven voor CV-ketels.

Vaststellen producteigenschappen bepalen circulaire potentie (stap 1 en 2)

In Tabel 5 is de circulaire potentie voor CV-ketels te zien. Voor een uitgebreide uitleg van alle antwoordmogelijkheden en punten, zie Bijlage 3.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat CV-ketels een grote circulaire potentie op twee circulaire

Tabel 6 | Aangepaste Vingerafdruk voor hergebruik van CV-ketels

Eigenschap	Antwoord	Hergebruik
Prijs/artikel (EUR)	>=600	1,0
Leeftijd (jaar)	<5	1,0
Efficiëntieslag (jaarlijks)	1-5%	0,5
Tijd ongebruikt (maanden)	<=1	1,0
Goed onderhoud?	Ja	1,0
Data beschikbaar van product (productie en gebruiksfase)?	Nee	0,0

Totaal score	4,5
Max score	6,0
Circulair potentieel	75%

strategieën. Voor intensiever gebruik heeft een CV-ketel geen potentie, omdat de tijd dat het

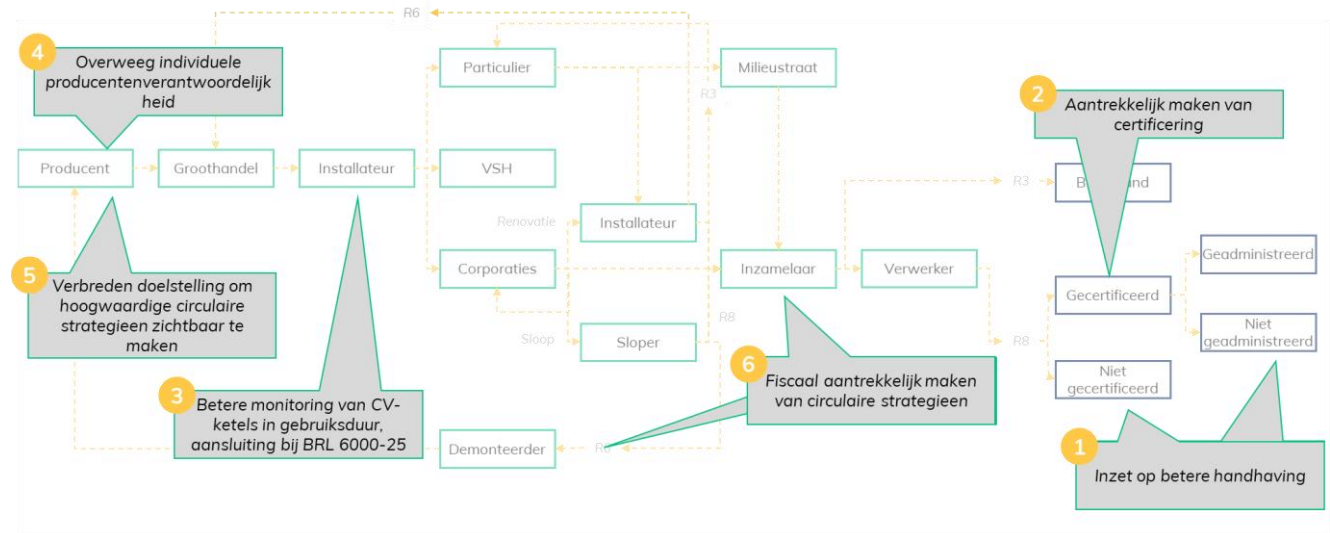
product paraat moet staan meer dan 80% is. Voor een langere levensduur is de potentie 75%. Dit geldt voor zowel het product als geheel als de componenten. Dit komt vooral door de prijs, de levensduur en de modulariteit van het product. Voor recycling heeft een CV-ketel een potentie van 67%. Het product bevat genoeg metalen en is

goed uit elkaar te halen, waardoor recycling mogelijk is (en in de praktijk ook altijd gebeurt).

Gedurende het onderzoek werd duidelijk dat hergebruik van ketels (wat onder langere levensduur valt) meer van andere factoren dan de eigenschappen in Tabel 5 afhangt. Daarom is in dit onderzoek een aanpassing gedaan van de Vingerafdrukmethode om de potentie voor dit hergebruik in kaart te brengen, zie Tabel 6.

De nieuwe factoren die voor hergebruik van gebruikte CV-ketels van toepassing zijn:

- **Prijs.** Als de prijs en dus de kwaliteit van de CV-ketel boven de €600 is, dan is hergebruik goed mogelijk;
- **Leeftijd.** Een leeftijd onder de 5 jaar maakt hergebruik mogelijk. Bij een leeftijd tussen de 5 en 12 jaar wordt dit al makkelijker en CV-ketels boven de 12 jaar kunnen niet worden hergebruikt;
- **Efficiëntieslag.** De mate waarin CV-ketels efficiënter worden over de jaren heen is belangrijk voor hergebruik. Worden ze nog veel efficiënter dan is hergebruik minder aantrekkelijk;
- **Tijd ongebruikt.** Als een gebruikte CV-ketel langer dan een maand ongebruikt is, dan is er kans op uitdroging van de rubbers wat de kans op koolmonoxide vergroot;



- **Goed onderhoud.** De mate waarin het product is onderhouden, maakt dat installateurs de CV-ketel wel of niet willen herbruiken;
- **Data beschikbaar van product.** Als er data beschikbaar is van de samenstelling van het product eventueel van de gebruiksfase, dan is dat positief voor hergebruik.

Deze Vingerafdruk zal voor elke stroom uit Figuur 15 toegepast worden om zo tot een circulaire potentie te komen. De daaruit volgende percentages zullen gebruikt worden voor het inschatten van hoe de nieuwe circulaire keten er qua aantallen uit zou komen te zien. Daarvoor hebben we ook de aanbevelingen uit stap 3 nodig.

Figuur 16 | Schematische weergave van aanbevelingen voor circulaire CV-ketelketen

Aanbevelingen op ketenniveau (stap 3)

Op pagina 20 stonden we al kort stil bij diverse aangrijpingspunten in de huidige keten van CV-ketels. Op basis van de analyse van de keten doen wij zes aanbevelingen, welke hiernaast schematisch zijn weergegeven op hun aangrijpingspunt in de keten. Bij de beschrijving van elke aanbeveling is aangegeven in welke mate deze incrementeel of radicaal van aard is.

1. **Inzet op betere handhaving** | ●○○○○ R
Hoewel er diverse inspanningen zijn geweest om aan de achterkant van de keten incentives in te bouwen om de registratie te bevorderen, is

de registratie nog lang niet sluitend. Aan de achterkant van de keten vinden nog altijd lekkages plaats, en ook worden sommige stromen nog wel verantwoord verwerkt maar niet conform afspraak geadmistreerd. Betere en vooral meer frequente handhaving op niet-gecertificeerde inzamelaars en verwerkers is nodig.

2. Aantrekkelijk maken van certificering I ●●○○○ R

Op dit moment is het voor teveel metaalinzamelaars en -verwerkers nog niet aantrekkelijk genoeg om een certificaat na te streven. De totale kosten voor het certificaat zijn enorm hoog: naast de certificerings- en auditkosten zijn er ook hoge opleidingskosten. Ook is het certificaat gebonden aan een specifieke werklocatie, wat als gevolg heeft dat zelfs veel gecertificeerde partijen slechts op één of enkele locaties gecertificeerd zijn. Daar staat tegenover dat deze gecertificeerde partijen veel meer te verliezen hebben (hun certificaat) dan de niet-gecertificeerde partijen; en waarbij deze niet-gecertificeerde partijen zelfs een financiële stimulans hebben om tóch metaalpartijen in te zamelen vanuit de stimuleringsregeling.

3. Betere registratie van CV ketelss I ●●○○○ R

We hebben in deze verkenning gezien dat het grotendeels onduidelijk is hoe de stromen van CV ketels lopen na verkoop. Betere registratie van deze stromen kan ervoor zorgen dat de CV ketels beter gevolgd kunnen worden, wat zowel

kan leiden tot producthergebruik als tot betere verwerking en daarmee hoogwaardiger materiaalhergebruik.

Ook kunnen we door een betere registratie beter zicht krijgen op het al dan niet halen van de verwerkingsdoelstellingen van de WEEE-richtlijn.

4. Betere monitoring van CV-ketels in gebruiksduur, aansluiting bij BRL 6000-25 I ●●●○○ R

Op dit moment wordt alleen bij de inzamelaars en verwerkers registratie uitgevoerd om inzicht te krijgen in de end-of-life fase van CV-ketels. Op andere plekken in de keten is in het kader van de BRL 6000-25 richtlijn echter ook informatie beschikbaar, waarbij zelfs op ketelniveau inzicht is in welke ketel waar hangt. Dit register biedt koppelkansen voor de AEEA registratie.

5. Overweeg individuele producentenverantwoordelijkheid I ●●●●● R

Op dit moment is het voor teveel metaalinzamelaars en -verwerkers nog niet aantrekkelijk genoeg om een certificaat na te streven. De totale kosten voor het certificaat zijn enorm hoog: naast de certificerings- en auditkosten zijn er ook hoge opleidingskosten. Ook is het certificaat gebonden aan een specifieke werklocatie, wat als gevolg heeft dat zelfs veel gecertificeerde partijen slechts op één of enkele locaties gecertificeerd zijn. Daar staat

tegenover dat deze gecertificeerde partijen veel meer te verliezen hebben (hun certificaat) dan de niet-gecertificeerde partijen; en waarbij deze niet-gecertificeerde partijen zelfs een financiële stimulans hebben om tóch metaalpartijen in te zamelen vanuit de stimuleringsregeling.

Waar op dit moment de AEEA een collectief karakter kent – wat uiteraard ook haar voordelen heeft in een eenduidige en afgesproken infrastructuur – is het ook interessant om een afweging te maken of individuele producentenverantwoordelijkheid (IPR) zou leiden tot verhoogde inname- en verwerkingspercentages. IPR kenmerkt zich door de producent en/of importeur op individueel niveau verantwoordelijk te maken voor de inname van de producten.

Het zou interessant zijn om een nadere studie te doen naar de voor- en nadelen van een dergelijke systematiek waarbij de inzamelingsverplichting, maar dus óók de financiële incentives verschuiven naar de voorkant van de keten (producent of importeur). Deze verschuiving mitigeert ook de potentiële imagoschade die producenten oplopen wanneer hun ketels naar het buitenland gaan en daar niet naar wens functioneren.

Wij verwachten op basis van de inzichten in deze eerste verkenning dat IPR interessanter kan zijn naarmate de toeleveringsproblemen in de keten aanhouden – immers kunnen de producenten dan onderdelen delven uit de

eigen apparatuur en deze voor hergebruik beschikbaar maken, wat meteen een stimulans is voor circulariteit. Ook kan op deze manier beter gemonitord worden omdat CV-ketels met name vervangen worden maar zelden nieuw worden geplaatst – zodoende kunnen we, door de producentenverantwoordelijkheid naar de voorkant van de keten te verschuiven – beter monitoren op vrijkomende CV-ketels. Wellicht is het wel interessant om dit in combinatie te doen met de installateur, die de CV-ketels vervangt (zie ook aanbeveling 3 over monitoring met behulp van BRL 6000-25).

6. Verbreden doelstelling om hoogwaardige circulaire strategieën zichtbaar te maken I ●●○○○ R

Binnen de huidige AEEA richtlijn is de doelstelling gericht op 65% inzameling en verantwoorde verwerking op massa. Deze doelstelling gaat echter enkel over recycling, maar stimuleert hoogwaardig hergebruik niet. In de productgroep CV-ketels zien we al dat partijen hoogwaardige circulaire strategieën (product- en componenthergebruik) toepassen, maar dit wordt niet meegenomen in de doelstelling.

Woningcorporaties zijn hierbij een goed startpunt om enerzijds inzicht te verkrijgen en anderzijds (andere) circulaire doelstellingen toe

te passen. Door de transitiedoelstelling die zij al hebben (verduurzaming naar label B) is er een hoge mate van in- en uitstroom. Installateurs hebben daarbij aangegeven dat er bij corporaties vrij goed inzichtelijk is waar welke ketel hangt. Door de schaalgrootte van de renovatieprojecten is er meteen zicht op een groot aantal stromen waardoor geregistreerd kan worden hoeveel CV-ketels op welk R-niveau worden verwerkt.

7. Fiscaal aantrekkelijk maken van circulaire strategieën I ●●●●● R

Op diverse plekken in de keten zien wij dat circulariteit gepaard gaat met een hoge mate van arbeid. Deze hoge arbeidskosten zien wij bij partijen die actief zijn in het reviseren van componenten, bij installateurs, maar ook bij de inzamelaars en verwerkers. Deze partijen hebben allen aangegeven dat de hoge kosten van arbeid het lastig maken om hun business case te laten slagen. Voor de inzamelaars en verwerkers geldt dat zij intensief leunen op Mensen met een Afstand tot de Arbeidsmarkt (MAAM), omdat deze 'gesubsidieerde' vorm van arbeid minder kostbaar is. De overige partijen zien met name dat zij door de hoge kosten van arbeid lastiger een circulaire strategie kunnen hanteren omdat de nieuwe producten in prijs veel concurrerder zijn. Het fiscaal aantrekkelijker maken van circulaire strategieën door bijv. de arbeidskosten te verlagen of de

milieuimpact te beprijzen, zou kunnen helpen om deze circulaire strategieën te laten concurreren.

Het is overigens denkbaar dat dit punt ook een reden is dat de groothandels nog niet zijn ingestapt op de strategie van hergebruik voor installaties. Zij geven immers aan dat hergebruik met name wordt gefaciliteerd bij stapelbare producten die weinig aanpassingen nodig hebben.

Impact nieuwe keten (stap 4)

Met de aanbevelingen op ketenniveau kan de keten voor CV-ketels circulairder worden ingericht. Hierbij zijn drie strategieën interessant: de herinzet van ketels (R3), levensduurverlenging van ketels door revisie (R4), en het beter registreren van ketels zodat de inzameling en recycling op verantwoorde wijze plaats vindt (R8).

Bovendien zijn er cijfers nodig van o.a. het aantal nieuwe CV-ketels dat naar verwachting op de markt wordt gebracht, het verwachte energiegebruik en CO₂-cijfers van deze energie. In Tabel 7 op de volgende pagina staan alle getallen die gebruikt zijn om scenario's door te rekenen.

Tabel 7 | Getallen en aannames t.b.v. scenario's circulaire keten CV-ketels

Onderdeel	#	Uitleg	Referentie
Algemeen	1	In 2021 zijn er 8 miljoen woningen in Nederland.	CBS (2022) ¹⁶
	2	Het aantal woningen groeit volgens de prognoses van het CBS en PBL.	CBS (2019) ¹⁷
	3	De gemiddelde levensduur van een CV-ketel is 15 jaar.	Aanname o.b.v. interviews
	4	In 2050 zijn alle woningen in Nederland gasloos en dus zonder CV-ketel. Dit betekent dat de laatste nieuwe CV-ketels in 2035 op de markt komen.	Rijksoverheid (2022) ¹⁸
	5	Het jaarlijks gasverbruik van een HR 107 ketel is 1800 m ³ . Het jaarlijkse elektriciteitsverbruik is 80 kWh.	Milieu Centraal (2022) ¹⁹
	6	1 m ³ Nederlands aardgas levert 35,17 MJ aan energie.	Energieconsultant (2022) ²⁰
	7	Verbranden van 1 GJ aardgas stoot 56,40 kg CO ₂ uit.	Zijlema (2019) ²¹
	8	Bij de productie van een HR 107 ketel komt 131,25 kg CO ₂ vrij.	O.b.v. LCA-data uit ecoinvent
	9	In de scenario's (zie Tabel 8) met zuinige ketel zijn de CV-ketels die na tien jaar op de markt komen 5% zuiniger dan de huidige CV-ketels.	Aanname
	10	De CO ₂ -emissiefactor voor elektriciteit in 2022 is 0,475 kg CO ₂ per kWh en volgt de daling t/m 2050 vanuit de Klimaat- en Energieverkenning van het PBL.	PBL (2021), Klimaat- en Energieverkenning ⁸
	11	Voor warmtelevering aan CV-ketels is uitgegaan van een gemiddeld warmtenet. Hiervan is de uitstoot 56,5 kg CO ₂ per GJ. Dit getal geldt vanaf 2017.	CO ₂ emissiefactoren (2022) ⁹
	12	Voor de daling van CO ₂ -emissiecijfer voor warmte t/m 2050 is uitgegaan van de uitstoot van de warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving.	CE Delft (2020) ¹⁰
Privaat	1	In 2022 wordt 10% van de potentieel te hergebruiken CV-ketels opnieuw ingezet	Aanname
	2	Maximaal 75% van de CV-ketels in de private sector kunnen opnieuw worden ingezet.	Uitkomst Vingerafdrukanalyse
	3	Te hergebruiken CV-ketels hebben nog een levensduur 10 jaar.	Aanname o.b.v. interviews
	4	Het aantal CV-ketels dat aan het buitenland wordt verhandeld is 1% van de vastgestelde hoeveelheid hergebruikte CV-ketels en vormt samen met de hergebruikte CV-ketels het totaal aan hergebruikte ketels.	Aanname
Sociaal	1	In 2022 wordt 10% van de potentieel te hergebruiken CV-ketels opnieuw ingezet	Aanname
	2	Maximaal 33% van de CV-ketels in de sociale sector kunnen opnieuw worden ingezet.	Uitkomst Vingerafdrukanalyse
	3	Te hergebruiken CV-ketels hebben nog een levensduur 5 jaar.	Aanname o.b.v. interviews
	4	Het aantal CV-ketels dat aan het buitenland wordt verhandeld is 1% van de vastgestelde hoeveelheid hergebruikte CV-ketels en vormt samen met de hergebruikte CV-ketels het totaal aan hergebruikte ketels.	Aanname

Vervolgens zijn er vier scenario's gemaakt om te bepalen hoeveel CV-ketels er op de markt worden gebracht en tot hoeveel CO₂-uitstoot dit leidt. Het verschil tussen de scenario's wordt gemaakt door verschil in het aantal te hergebruiken CV-ketels en of er nog een zuinigere CV-ketel gemaakt wordt, zie Tabel 8.

LET OP! In de scenario's wordt de huidige markt (qua grootte en soorten) niet meegenomen. Hiervan zijn geen gegevens bekend. De scenario's geven dus alleen inzicht in de cijfers voor CV-ketels die vanaf 2022 op de markt komen.

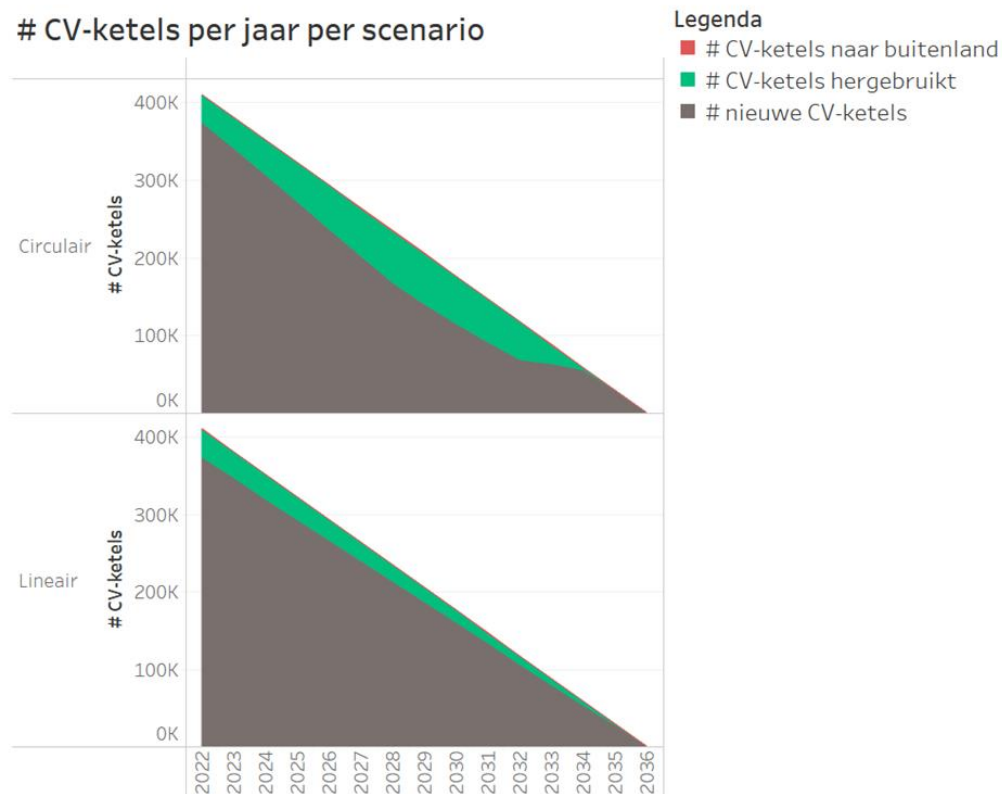
In Figuur 17 is het aantal CV-ketel per scenario te zien. Omdat de zuinige ketel (zie Tabel 8) alleen invloed op de CO₂-uitstoot zijn hier twee scenario's weergegeven.

In het lineaire scenario blijft de verhouding tussen het aantal nieuwe CV-ketels dat op de markt wordt gebracht en het aantal hergebruikte CV-ketels gelijk. Tot en met 2035 komen er steeds minder CV-ketels op de markt waardoor het aantal hergebruikte CV-ketels ook afneemt. In het circulaire scenario is duidelijk te zien dat het aantal hergebruikte ketels veel groter is en vanaf 2022 al toeneemt. In tegenstelling tot wat we zien bij LBKs – waar het effect van nieuwe, grote LBKs na 15 jaar te zien is – is het effect hier direct. Rond

Tabel 8 | Scenario's voor nieuwe keten CV-ketels

Scenario	Groei herinzet CV-ketels in jaar 1 (privaat + sociaal)	Groei herinzet CV-ketels in opvolgende jaren	Reductie energie-verbruik zuinige ketel
Lineair	0%	Groei voorgaand jaar + 0%	0%
Lineair + zuinige ketel	0%	Groei voorgaand jaar + 0%	5%
Circulair	1%	Groei voorgaand jaar + 0,75%	0%
Circulair + zuinige ketel	1%	Groei voorgaand jaar + 0,75%	5%

CV-ketels per jaar per scenario

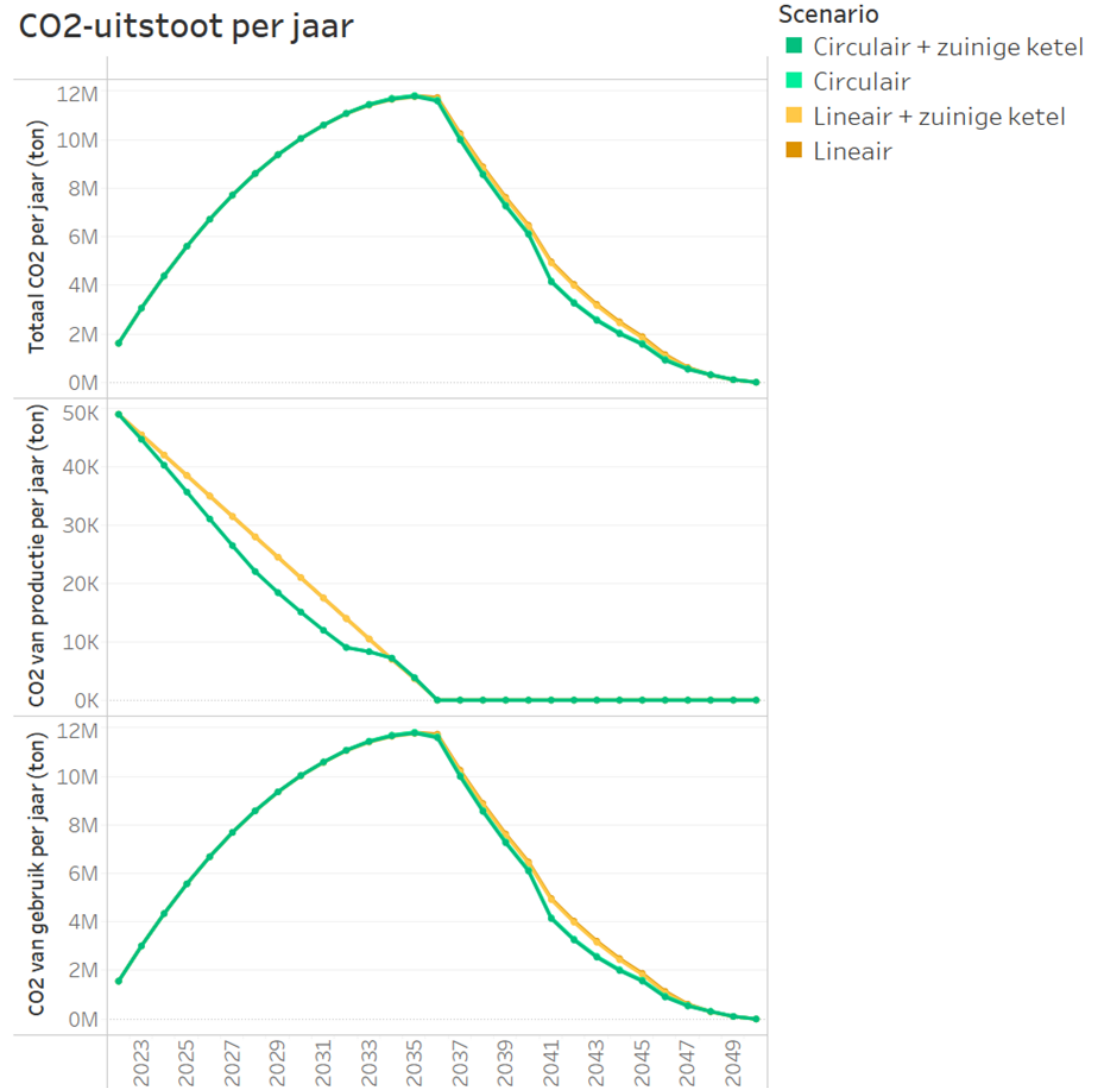


Figuur 17 | Aantal CV-ketels per jaar per scenario

2032 is in het circulaire scenario een knik zichtbaar. Dit heeft er mee te maken dat dan de CV-ketels die vijf (in sociale huur woningen) of tien (in private woningen) jaar geleden opnieuw zijn ingezet, vervangen moeten worden. Daar moeten dus nieuwe ketels geplaatst worden.

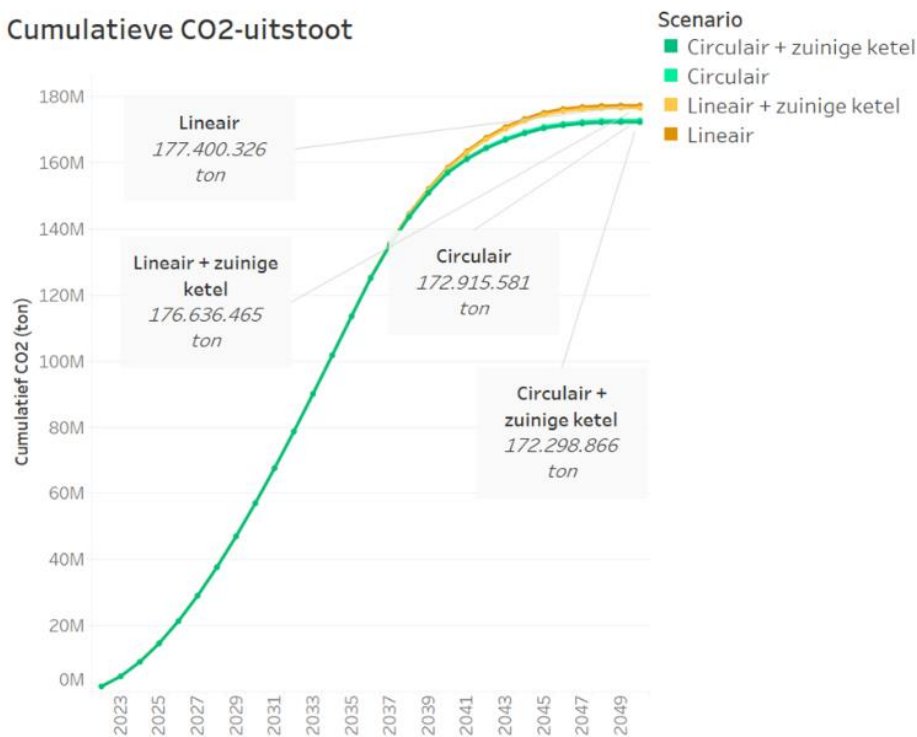
De vraag is wat het herinzetten van CV-ketels doet met de CO₂-uitstoot in de verschillende scenario's. Dit is te zien in Figuur 18.

In het Figuur 18 hiernaast is te zien dat in alle vier de scenario's de jaarlijkse CO₂-uitstoot t/m 2035 nagenoeg gelijk is. De CO₂-uitstoot van productie is in de circulaire scenario's wat lager dan in de lineaire scenario's, maar is erg klein vergeleken met de CO₂-uitstoot van gebruik. Na 2035 gebeurt er iets interessants, namelijk dat de totale jaarlijkse CO₂-uitstoot in de circulaire scenario's lager komt te liggen dan in de lineaire scenario's. De oorzaak hiervan is dat er in de circulaire scenario's meer CV-ketels opnieuw worden gebruikt. Na 2035 worden er geen CV-ketels meer geplaatst. De hergebruikte ketels hebben een kortere levensduur dan nieuwe ketels en worden daarom sneller vervangen door een warmtebron zonder fossiele brandstoffen. Daarentegen zullen nieuwe CV-ketels geplaatst in 2035 pas in 2050 vervangen worden in deze scenario's.



Figuur 18 | CO₂-uitstoot per jaar in verschillende scenario's

Cumulatieve CO₂-uitstoot



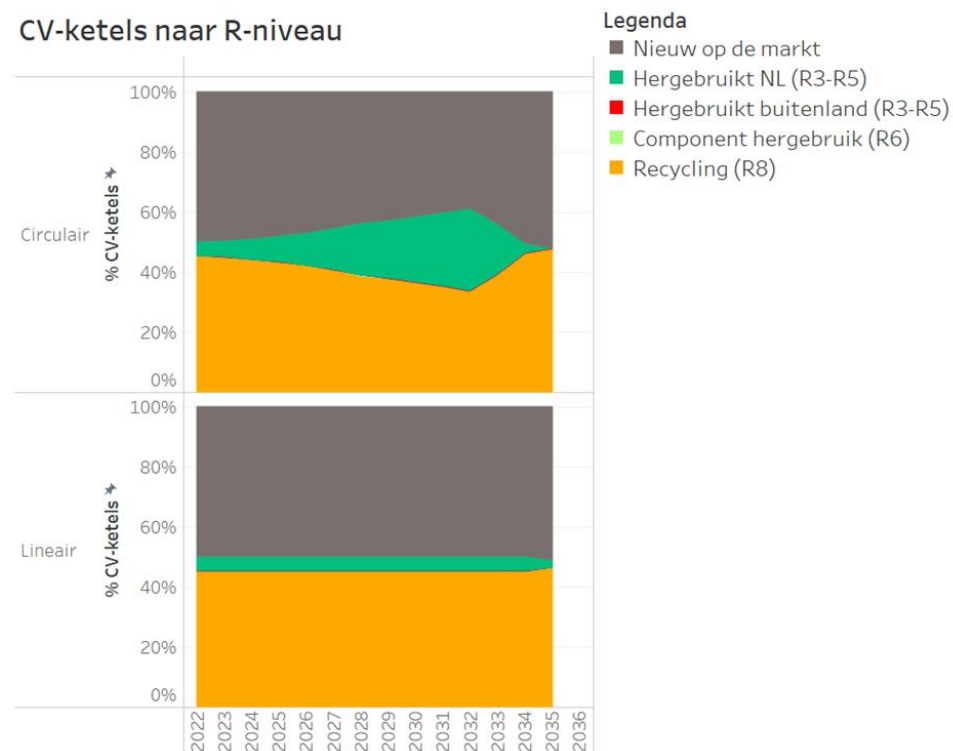
Figuur 19 | Cumulatieve CO₂-uitstoot per scenario t/m 2050

Wat dit doet voor de cumulatieve CO₂-uitstoot per scenario is te zien in Figuur 19. Vanaf 2035 schuiven de circulaire scenario's verder af van de lineaire scenario's, met een zeer kleine invloed in scenario's met een zuinige ketel. Deze kleine invloed is te wijten aan het feit dat pas vanaf 2032 zuinigere ketels op de markt komen, die

vervolgens maar een klein deel van het totaal aan CV-ketels gaan uitmaken.

De CO₂-uitstoot in het circulaire scenario met zuinige ketel is bijna 3% lager dan in het lineaire scenario. Ook zien we de CO₂-uitstoot afvlakken naarmate 2050 nadert. Dit komt doordat de CO₂-

CV-ketels naar R-niveau



Figuur 20 | CV-ketels per jaar naar R-niveau

uitstoot van elektriciteits- en warmtegebruik bijna 0 wordt in 2050.

Tot slot is in Figuur 20 te zien op welk R-niveau per jaar CV-ketels ingezet worden. Daarin is te zien dat in de circulaire scenario's significante winst te boeken is op de R-niveaus R3-R6.

Hoofdstuk 4. Aanbevelingen

Uit eerdere studies weten we dat klimaatinstallaties een groot aandeel vormen van de milieupact van gebouwen²². Mede om deze reden zijn (klimaat)installaties door zowel het Transitieteam Circulaire Bouweconomie als het Transitieteam Circulaire Maakindustrie aangewezen als belangrijke productgroep in het kader van het Doelentraject.

Middels onderhavige studie hebben we naar twee producten gekeken binnen de productgroep klimaatinstallaties om te onderzoeken hoe de keten van respectievelijk LBK's en CV-ketels meer circulair gemaakt kan worden. Hierbij is gekeken naar zowel het productontwerp (R0-R2), levensduurverlengende strategieën (R3-R6) als hoogwaardige en verantwoorde recycling (R8) waarbij tevens registratie plaats vindt. Op basis van de inzichten van onderhavige studie wordt het beeld bevestigd dat het circulair maken van klimaatinstallaties leidt tot een reductie in CO₂, waarbij is gekeken naar zowel de 'ingebodde' CO₂ als de CO₂ van de gebruiksfase. Hieruit kunnen we concluderen dat het circulair maken van respectievelijk de klimaatinstallaties zelf als de keten zinvol is in het kader van onze klimaatdoelen.

In het kader van de AEEA-richtlijn is het ook belangrijk om te kijken naar de recycledoelstelling van 65%. Op basis van deze verkenning denken wij dat deze recycledoelstelling aan de hoge kant ligt voor CV ketels (zie Figuur 20). Voor LBK's is het lastig inschatten of dit percentage haalbaar is, gezien de beperkte informatie die voor deze productgroep is verzameld.

De belangrijkste aanbevelingen vatten wij hierna samen:

- 1. Inzetten op circulair productontwerp.** Met name bij LBK's zien we dat een circulair productontwerp kan bijdragen aan het verlagen van de totale CO₂ emissies door toekomstig hergebruik te faciliteren. Op Europees niveau zien we dat er steeds strengere richtlijnen ontstaan voor Ecodesign die zich zowel richten op energie-efficiëntie als circulariteit. Ventilatieunits zijn als zodanig al opgenomen in de Ecodesign richtlijnen²³.
- 2. Creëer (economische) incentives voor circulariteit.** Bij zowel CV-ketels als LBK's zien we dat diverse partijen in de keten – de producent, de groothandel, de

installateur – onvoldoende (economisch) incentive hebben om te investeren in circulariteit. In beide productgroepen wordt al geëxperimenteerd met as-a-service dienstmodellen waarbij levensduurverlenging wordt gefaciliteerd; naar verwachting worden dit soort modellen ook aantrekkelijker als gevolg van de huidige prijsstijgingen (als gevolg van Covid-19 en de oorlog in Oekraïne). Het in algemene zin verleggen van de Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid (UPV) van de achterkant van de keten naar de voorkant van de keten zou hierbij kunnen helpen. Deze transitie naar Individuele Producentenverantwoordelijkheid (IPV) legt economische druk aan de voorkant van de keten. Dit vormt een uitdaging voor producenten in het huidige economische systeem, maar kan tegelijkertijd circulair productontwerp helpen versnellen. Dit vraagt wel om systemische interventies zoals fiscale vergroening die faciliterend zijn in het economisch interessant maken van levensduurverlengende strategieën (R3-R6).

3. **Betere monitoring en registratie.** Het beter monitoren en registreren van installaties zou tevens helpen om letterlijk zicht te houden op de waardevolle materialen. Materiaalpaspoorten van de installaties kunnen verplicht worden gesteld bij producenten waardoor de samenstelling van de installaties beter bekend is. Monitoring en/of registratie gedurende de gebruiksduur is daarnaast ook een belangrijk aandachtspunt, waarbij in het geval van CV-ketels aansluiting gevonden kan worden bij de BRL 6000-25. Deze verbeterde monitoring en registratie zou moeten bijdragen aan het zicht houden op de grondstoffenstromen vanaf productie tot en met hergebruik en recycling.

4. **Aantrekkelijk maken certificering.** Op dit moment is recycling nog altijd de voornaamste strategie die gehanteerd wordt voor zowel LBK's als CV-ketels. Waar LBK's afkomstig uit kantoorgebouwen grotendeels via gecertificeerde routes worden verwerkt, geldt dat er voor CV-ketels ook aanzienlijke stromen niet via de gecertificeerde route worden ingezameld en verwerkt. De hoge kosten van certificering en de hoge risico's van gecertificeerd zijn (bijv. verliezen

certificaat) staan in schril contrast met de beperkte handhaving en controle op niet gecertificeerde inzamelaars en verwerkers. Wanneer de wens is dat meer partijen op verantwoorde wijze verwerken is het noodzakelijk dat het aantrekkelijker wordt om gecertificeerd te zijn.

Bijlage 1. Referenties

1. Rijksoverheid. *Klimaatakkoord*. (2019).
2. Rijksoverheid. *Nederland circulair in 2050. Rijksbreed programma Circulaire Economie*. (2016).
3. Hanemaaijer, A., Kishna, M., Koch, J., Prins, A. G. & Wiling, H. *Mogelijke doelen voor een circulaire economie*. (2021).
4. European Parliament and the Council. *Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE)*. EUR-Lex (2012).
5. Alpha Ventilatie. *Bouwbesluit en ventilatie*. <https://alphaventilatie.nl/ventilatie/bouwbesluit-en-ventilatie/> (2022).
6. van Dijken, F. & Beuker, T. *Misverstanden ErP-richtlijn en toiletafzuiging*. tvvl magazine vol. 4 (2019).
7. Rietveld, E. & Bastein, T. *Circulaire potentie en de vingerafdrukmethode: Technisch Rapport bij de Vingerafdruk-database*. (2021).
8. PBL. *Klimaat- en Energieverkenning 2021*. (2021).
9. CO₂ emissiefactoren. *Lijst emissiefactoren*. <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/> (2022).
10. CE Delft. *CO₂-effecten van de Transitievisie Warmte: Gemeente Amsterdam*. (2020).
11. SMR. *Onderzoek afgedankte CV-ketels*. (2019).
12. MRF. *Deelname Stimuleringsregeling E-waste*. <https://www.mrf.nl/nieuws-archief/302-deelname-stimuleringsregeling-e-waste.html> (2022).
13. Natuur en Milieu. *Gasmonitor*. <https://natuurenmilieu.nl/app/uploads/NM-Gasmonitor-2021.pdf>. (2021).
14. CBS. *Voorraad woningen; eigendom, type verhuurder, bewoning, regio*. www.cbs.nl. (2022).
15. SMR. *Onderzoek afgedankte CV-ketels*. (2019).
16. CBS. *Bijna 69 duizend nieuwbouwwoningen in 2021*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/04/bijna-69-duizend-nieuwbouwwoningen-in-2021#:~:text=%20voorlopige%20cijfers-,Ruim%208%20miljoen%20woningen,met%20bijna%2069%20duizend%20woningen>. (2022).
17. de Jong, A., Huisman, C. & Stoeldraijer, L. *Prognose 2019-2050*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/statistische-trends/2019/prognose-2019-2050-woningbouwveronderstellingen?onpage=true#c-4--Woningbouwveronderstellingen-op-nationaal-niveau> (2019).
18. Rijksoverheid. *Bestaande woningen aardgasvrij maken*. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aardgasvrije-wijken/bestaande-gebouwen-aardgasvrij-maken> (2022).
19. Milieu Centraal. *Nieuwe cv-ketel of combiketel kopen*. <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/verwarmen-op-gas-of-hout/nieuwe-cv-ketel-of-combiketel-kopen/> (2022).
20. Energieconsultant. *Omrekening MMBTU naar kubieke meter aardgas*. <https://www.energieconsultant.nl/energiemarkt/energie-berekeningen-uit-de-praktijk/omrekening-mmbtu-naar-kubieke-meter-aardgas/> (2022).
21. Zijlema, P. J. *Berekening van de standaard CO₂-emissiefactor aardgas t.b.v. nationale monitoring 2020 en emissiehandel 2020*. (2019).

-
22. Arnoldussen, J., Roemers, G., Errami, S., Blok, M., Semenov, R., Kamps, M. & Faes, K. *Materiaalstromen, Milieu-impact en Energieverbruik in de Woning- en Utiliteitsbouw*. (2020).
 23. European Commission. *Sustainable product policy & ecodesign, product groups*. [Product groups \(europa.eu\)](https://europa.eu) (2022).

Bijlage 2. Geïnterviewde en benaderde partijen

Geïnterviewde partijen

Rol	Naam
Producent LBKs	Orange Climate Verhulst
Producent LBKs	Systemair
Producent LBKs	Carrier
Producent CV-ketels	NEFIT Bosch
Producent CV-ketels	Itho Daalderop
Producent CV-ketels	Remeha
Installateur	Kemkens
Installateur	Kropman
Installateur	Heat Transformers
Sloper	Van Liempd
Sloper	Vlasman
Sloper	GP Groot
Sloper	New Horizon
Sloper	Beelen Next
Inzamelaar	Ketel Metaal Recycling Nederland
Inzamelaar	Sortiva
Inzamelaar	Van Munster
Verwerker (gecertificeerd)	Anoniem
Circulaire tussenpartij	Repurpose
Circulaire tussenpartij	Inxeon
Groothandel	Rensa
Groothandel	Technische Unie
Woningbouwcorporatie	Eigen Haard
Vastgoedbeheerder	CBRE
Branchevereniging	Metaal Recycling Federatie
Milieustraat	Gemeente Rotterdam

Benaderde, maar niet gesproken partijen

Rol	Aantal
Installateur	1
Sloper	1
Verwerker (gecertificeerd)	2
Verwerker (niet gecertificeerd)	3

Bijlage 3. Antwoordopties Vingerafdruk methode

	Intensiever gebruik (productperspectief)					Langere levensduur (product- of componentenperspectief)					Recycling				
	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000
Prijs/artikel (EUR)	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000
Levensduur (jaar)	<1	2-5	5-10	10-20	>20	<1	2-5	5-10	10-20	>20	<1	2-5	5-10	10-20	>20
Volume/gewicht per artikel (kg)	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000	<=1	1-10	10-100	100-1000	>1000
Technische dynamiek, wanneer levert een artikel niet de functie die nieuwste versies leveren? (jaar)	<2	2-5	5-10	>10		<2	2-5	5-10	>10		<2	2-5	5-10	>10	
Deel van de tijd dat een product paraat moet staan	>80%	30-80%	5-30%	<5%		>80%	30-80%	5-30%	<5%		>80%	30-80%	5-30%	<5%	
Data beschikbaar van product, zowel uit productie- als gebruiksfase	Ja		Nee			Ja		Nee			Ja		Nee		
Is een product in principe gereed te maken voor gebruik door ander persoon/huishouden?	Ja		Nee			Ja		Nee			Ja		Nee		
Minstens in 5 onderdelen uit elkaar te halen door mens of machine, waarbij die onderdelen los te bestellen zijn? (J/N)	Ja		Nee			Ja		Nee			Ja		Nee		
Directe dissipatie (ja/nee)	Ja		Nee			Ja		Nee			Ja		Nee		
Inschatting aandeel materialen in product dat op vergelijkbaar prijsniveau kan worden gerecycled ten opzichte van virgin/primair	<1%	1-5%	5-10%	10-50%	>50%	<1%	1-5%	5-10%	10-50%	>50%	<1%	1-5%	5-10%	10-50%	>50%

Rode antwoorden maken dat een circulaire strategie niet toepasbaar is. Oranje antwoorden leiden tot -0,5 punt, lichtgroene antwoorden tot 0,5 punt en groene antwoorden tot 1 punt⁶.