

Micro-wkk en warmtepomp, vriend of vijand

Rob van Mil

Voor het komende decennium zijn er twee individuele warmteopwekkers die bij een groeiende vraag naar duurzame installatieconcepten een prominente rol kunnen spelen. De warmtepomp heeft op dit moment een lichte voorsprong, maar de micro-wkk nadert met rasse schreden. De vraag is welke van beide technieken in de woningbouw de meeste potentie heeft. Legt de ene techniek het af tegen de ander?

Aan tafel zitten twee fabrikanten en twee technisch experts. Het gesprek concentreert zich op de keuze voor een warmteopwekker in de woningbouw. Marco Bijkerk, senior productmanager New Business bij Remeha vertegenwoordigt in het gesprek de ontwikkeling en de marktintroductie van de Remeha hre-ketel, eVita genaamd. Peter van Waarde, commercieel directeur bij Daalderop, staat in dit gesprek voor de hybride warmtepomp CombinAir en de CombinAir Cool met koelfunctie die Daalderop op de markt brengt. Jacob van Berkel, eigenaar en consultant van Entry Technology voerde diverse onderzoeken uit naar praktijktoepassingen van de warmtepomp en micro-wkk. Hans van Wolferen, onderzoeker bij de afdeling Koude, Warmte en Installaties van TNO heeft in het laboratorium en in de ontwikkeling van de energieprestatienorm al de nodige warmtepomp- en micro-wkk-concepten langs zien komen.

Hoe schatten jullie de kansen en mogelijkheden in van de micro-wkk en/of de warmtepomp en welke keuze heeft je voorkeur?

Bijkerk: 'Al weer een aantal jaren terug hebben wij bij Remeha de diverse technieken uitvoerig bestudeerd en vergeleken. Daarbij ging het ons allereerst om te bepalen welke techniek bij onze bedrijfsvoering past, maar ook welke op de Nederlandse markt de beste papieren heeft. Uiteindelijk kwamen we bij de micro-wkk met stirlingmotor terecht. De techniek van de stirlingmotor is in principe uitontwikkeld. Dat konden we niet zeggen van andere micro-wkk-technologie, zoals turbines of brandstofcellen. Overigens kijken wij ook wel naar de warmtepomp. Remeha heeft dergelijke toestellen in het pakket. Maar daarvan zeggen wij op dit moment dat het toestel voor Nederland onvoldoende marktkansen heeft. Dit heeft vooral te maken met de prijs van het apparaat en het systeem. Kijken we namelijk naar de kosten afgezet tegen de CO₂-uitstoot die we ermee besparen, dan heeft onze hre-ketel de meeste potentie.'

Van Waarde: 'Vooropgesteld dat wij ook toekomst zien in de techniek van de micro-wkk – we zijn druk aan het ontwikkelen – plaatsen wij de focus nu op de hybride lucht-water-

warmtepomp. En wel precies om de reden waarom Remeha op micro-wkk focust. Ons warmtepompsysteem kent nu al een zeer acceptabele terugverdientijd. Bovendien zijn er voor de CombinAir op dit moment twee 'drivers' die de afzet stimuleren. Ten eerste realiseren we hiermee een lagere EPC in de nieuwbouw. Maar onze hybride warmtepomp zorgt in de bestaande bouw ook voor een verlaging van anderhalve labelstap. Voor corporaties is het zeer aantrekkelijk een oude hre-ketel één op één voor een CombinAir in te ruilen.'

Van Berkel: 'Het zijn toestellen met zeer verschillende karakteristieken. Het is vooral de outputtemperatuur die bepalend is voor het onderscheid. De micro-wkk bespaart vooral door het vermijden energiegebruik in de vaak onrendabele, grote energiecentrales. Maar elektrische warmtepompen worden, als het om CO₂-reductie gaat, steeds interessanter naarmate het overall rendement van elektriciteitsopwekking in ons land omhoog gaat. Dus hoe duurzamer de energieopwekking, hoe beter de keuze voor warmtepompen wordt. Micro-wkk zie ik vooral als een techniek voor oudere en grote huizen. Overigens ben ik van mening dat de stirlingtechniek het niet gaat redden. Er zit te veel 'ijzer' in en er is sprake van een te hoge werkdruk. Ik zie meer potentie in de turbinetechnologie. Maar die is nog volop in ontwikkeling. Nadeel van elektrische warmtepompen is het soms noodzakelijke bijstoken, vooral voor tapwater. Dit kun je met een thermische buffer ondervangen, maar het verhoogt de prijs van een systeem aanzienlijk.'

Van Wolferen: 'Mijn benadering sluit aan bij die van Jacob. Ik schat in dat de micro-wkk het interessantst is in grote delen van de bestaande bouw. Dit komt omdat in de bestaande bouw het stookseizoen relatief lang is, in tegenstelling tot de huidige nieuwbouw. In de bestaande bouw is meestal ook een hogere cv-temperatuur nodig en dat is voor de micro-wkk geen probleem. De warmtepomp is daarentegen juist gebaat bij een zo laag mogelijk temperatuurtraject, want dan haalt hij het hoogste rendement. Kortom, de warmtepomp presteert beter wanneer hij minder warmte hoeft te leveren en de micro-wkk juist als hij over langere tijd veel warmte mag leveren. De techniek van de stirling is inderdaad al



Marco Bijkerk, Remeha: 'Micro-wkk heeft voldoende verbeterpotentie.'

redelijk oud. Ik ben benieuwd of het nu lukt deze techniek voor micro-wkk in massaproductie te nemen en voor een redelijke kostprijs. De ontwikkeling, zoals Remeha die voert, ziet er veelbelovend uit. Van de turbinetechnologie vind ik het lastig om te bepalen of die het gaat redden. Ook de brandstofcel is zo'n technologie waaraan al heel lang wordt gewerkt, maar waarbij nog altijd forse obstakels op de weg liggen. Een brandstofcel werkt leuk in het lab, maar de praktijk is veel weerbarstiger. Kortom, de micro-wkk met stirling en de diverse typen warmtepompen zijn goede concepten, maar wel met hun specifieke toepassingen.'

Van Waarde: 'Dat laatste ben ik niet helemaal met Hans eens. Wij hebben tussen oktober 2008 en mei 2009 een CombinAir opgehangen op de plek van een hr-ketel in een doorsnee jarenzeventigwoning, met een gasverbruik op jaarbasis van 2.300 m³. We hebben echt alleen de toestellen uitgewisseld en verder niets aan de installatie veranderd. Als we de meetgegevens uit die periode extrapoleren naar jaarverbruik, dan realiseert dat gezin een energiebesparing van 370 euro per jaar. Oftewel een reductie van de CO₂-uitstoot van 17 – 18 procent. Op basis van deze gegevens is de meerprijs, met een subsidie van 950 euro, in 3,5 jaar terugverdiend, in relatie tot de referentie van de beste hr-ketel. Het is namelijk een feit dat ook in dergelijke oude woningen het gevraagde vermogen maar zelden boven de 5 kW uitkomt. En mocht er piekvermogen nodig zijn, dan wordt bij ons toestel een hr-ketel ingeschakeld, met eveneens een uitstekend rendement. Daarnaast vinden wij dat je in de bestaande bouw altijd eerst de Trias Energetica moet toepassen. Dus zoveel mogelijk energiebesparende maatregelen nemen. Daarmee verklein je de basislast in belangrijke mate, en dat is in het voordeel van de CombinAir.'

Bijkerk: 'Ook wij gaan uit van de Trias Energetica en beseffen daarom goed dat de hr-ketel in huizen komt waar de energievraag afneemt. Toch is de realiteit dat voor onze eVita een groot potentieel aan huizen zal zijn, waar zo'n 1.600 m³ aan gas wordt verstoekt. In het komende decennium is dat



Peter van Waarde, Daalderop: 'Installeurs moeten op training.'

nog altijd een markt van minimaal 60 procent van de Nederlandse woningen. Hier liggen voor ons toestel dus voldoende mogelijkheden om zich, over een paar jaar, in circa vijf jaar terug te verdienen.

Zijn de toestellen elkaars concurrenten – zo ja, in welke markt?

Van Berkel: 'Juist door die grote verschillen in de karakteristieken van micro-wkk's en warmtepompen, ga ik ervan uit dat ze op verschillende markten zullen worden toegepast. Zeker de water-waterwarmtepompen zie ik niet snel in de bestaande bouw terecht komen. En de micro-wkk, die toch een gasverbruik van 1.600 m³ nodig heeft om rendabel te draaien, zal in maar weinig nieuwbouwprojecten aan deze eis voldoen. Alleen een hybride lucht-waterwarmtepomp, zoals Daalderop die levert, kan ook in de bestaande bouw succesvol zijn. Dus ja, daar zullen ze met elkaar concurreren.

Van Waarde: Naast onze lucht-waterwarmtepomp werken wij ook aan toestellen met micro-wkk. Wij hebben alleen, eigenwijs als we zijn, gekozen voor de ORC-techniek. De technologie werkt op het basisprincipe van een kleine stoommachine, waarbij een omgekeerde scroll-compressor het hart van het toestel vormt. Dit zijn bewezen en redelijk eenvoudige technieken. Wij denken dat deze techniek prijstechnisch interessanter is dan de stirlingmotor: Alleen schatten wij de markt voor micro-wkk veel kleiner in dan voor onze hybride lucht-waterwarmtepomp. Wij denken dat micro-wkk goed past in grote, minder goed geïsoleerde woningen en de kleine utiliteit. Mede om die reden staat de marktintroductie van ons ORC-toestel gepland voor 2011. Tegelijk werken we met een partner aan een toestel met brandstofcel. Dit toestel kent weer hele andere karakteristieken. Dit zijn eigenschappen die wel in de nieuwbouw passen, omdat we daar mikken op een 'heat to power'-verhouding van 1:1. Maar deze ontwikkeling is nog erg pril.'

Bijkerk: Ik zie de toestellen toch echt niet als concurrenten. Ons hr-toestel is, meer dan welk ander toestel of systeem,



Hans van Wolferen, TNO: 'Overdimensioneren is gunstig voor warmtepomp.'

geschikt om bij ketelvervanging de plaats van het oude cv-toestel in te nemen. Bij alle andere systemen moet veel meer worden aangepast. Natuurlijk, als er grootschalige renovatie plaatsheeft en woningen worden van top tot teen aangepakt, zijn ook andere concepten denkbaar. Maar het komende decennium zal de hre-ketel op grote schaal als vervangingstoestel voor cv-ketels gaan dienen. Daar kan geen warmtepomp tegenop.'

Van Wolferen: 'Mijn verwachting sluit daarop aan. In de bestaande bouw zijn de gangbare typen warmtepomp op basis van bodem-water en grondwater-water lastig in te passen. Bij ketelvervanging moet je niet de illusie hebben dat op de plaats van de klassieke hr-ketel een compleet ander systeem kan worden toegepast. De hre-ketel is dan een alternatief waarmee de gebruiker energie-efficiënter kan stoken. Hybride warmtepompen, zoals de CombinAir, zijn ook een mogelijkheid, als de woning is voorzien van een mechanisch ventilatiesysteem.'

In welke techniek zit nog de meeste verbeterpotentie?

Bijkerk: 'Onze micro-wkk heeft zeker voldoende verbeterpotentie. Ons toestel is nu klaar voor de marktintroductie, maar wij gaan zeker nog door met ontwikkelen. In het toestel dat we nu op de markt brengen, moduleert de cv-ketel en de stirlingmotor, maar de onderlinge verhouding van warmte en elektriciteit kunnen we in de toekomst nog verder aanpassen. Nu is het zo dat 17 – 18 procent van de output van de stirlingmotor elektrische energie is. Dat wil zeggen 1 kW elektrisch vermogen tegenover 5 kW thermisch. Maar die verhouding, zo verwachten we, kunnen we over een aantal jaren laten verschuiven naar 1:4. Dat sluit mooi aan bij de thermische vraagbeperking die ook in bestaande bouw zal doorzetten. Ook gaan we concepten aanbieden met warmteopslagsystemen. Naast de combiketel die de beloofde besparing al waarmaakt, is er een solotoestel beschikbaar. In combinatie met een buffer bieden we



Jacob van Berkel, Entry Technology: 'Stirlingtechniek bevat te veel ijzer.'

bewoners daarmee meer energiebesparing.'

Van Wolferen: 'Naar mijn idee zit de meeste verbeterpotentie in de dimensionering en regeling van de installatie en de inregeling van beide systemen. Ik zie nu geregeld dat het bij warmtepompsystemen fout gaat. Installateurs kunnen een systeem daarmee helemaal om zeep helpen.'

Bijkerk: 'We moeten installateurs dan ook helpen die leercurve te doorlopen. Vandaar ook onze focus op scholing en training.'

Van Wolferen: 'Daar ligt ook een taak voor de aanbieders van warmtepompen. In het project moet nog te vaak, regeltechnisch, veel zaken ad hoc worden opgelost. Ik kom zo hier en daar heel rare configuraties tegen. In dat opzicht denk ik dat de micro-wkk's het eenvoudiger hebben. Het aantal 'bananenschillen' is, denk ik, kleiner. Aan de andere kant zijn de warmtepomp en de micro-wkk in de basis allebei bivalente systemen. Laten marktpartijen dan ook de handen ineen slaan en gezamenlijk met regelsystemen op de markt komen die op basis van dit uitgangspunt een beter en makkelijker systeem opleveren.'

Van Berkel: 'Over het algemeen kun je zeggen dat een warmtepompsysteem afhankelijker is van het afgiftesysteem. Deze opwekker werkt gewoon het best met een systeem met lage temperaturen, zoals vloerverwarming. Dat vergt nu eenmaal meer aandacht van de regeltechniek. Maar dat is feitelijk ook het geval wanneer je een hr-ketel met vloerverwarming combineert. Dat zou niet zo bijzonder moeten zijn, dan dat het nu in combinatie met een warmtepomp wel vaak lijkt te zijn.'

Bijkerk: 'De regeltechniek voor onze micro-wkk is, naar mijn mening, wel robuuster dan die van een warmtepomp. Tegelijk hebben wij wel besloten voor onze hre-ketel een aparte regeling te leveren. Het is, zoals gezegd, een bivalent systeem en dat vereist een andere regelstrategie. We willen dat de stirling zo lang mogelijk in de basislast voorziet en dat de hulpketel zo weinig mogelijk hoeft bij te springen. Daar zijn regeltechnische aanpassingen voor vereist, als we dit optimaal willen



doen. De bestaande thermostaat is dus niet te handhaven.'

Van Waarde: 'De opmerkingen over de gevoeligheid van een warmtepompsysteem kan ik onderschrijven, maar ik wil een nadrukkelijk verschil maken tussen de elektrische warmtepomp en ons hybride systeem. Doordat onze warmtepomp samenwerkt met een hr-ketel, is het rendement van ons systeem nooit slechter dan dat van een hr-ketel. Als de warmtepomp het niet aankan, springt bij ons de ingebouwde hr-ketel bij. Een elektrische warmtepomp daarentegen gaat elektrisch bijverwarmen, en dan gaat je systeemrendement echt onderuit.'

Van Wolferen: 'Een ander aspect dat, vooral bij warmtepompen, een verbeteringslag nodig heeft, is de storingsmelding. Er zijn praktijksituaties bekend waar, vanwege een storing, de warmtepomp vanaf dag één op het elektrisch element functioneerde. Qua comfort hadden de bewoners geen enkele klacht, maar dat veranderde toen ze hun energierekening zagen. Daarnaast is het rendement van een warmtepomp gevoelig voor de temperatuur van warmtebron en afgiftesysteem. Dat zou je via de regeling moeten bewaken. Kortom, de diagnose en alarmfuncties in de regelsystemen moeten nog sterk worden verbeterd. Ook moet duidelijk zichtbaar zijn of de warmtepomp de bodem aan het uitputten is en of een warmtepomp constant staat te pendelen. Ook wil ik een pleidooi houden voor een ruime dimensionering van warmtebronnen en afgiftesystemen. Overdimensioneren is gunstig voor het rendement van een warmtepomp.'

Pleiten jullie feitelijk voor het opnieuw opleiden van installateurs voor deze technieken?

Van Waarde: 'Eerlijk gezegd schrik ik regelmatig van de ondoordachte en argeloze manier waarop installateurs met warmtepompen aan het werk gaan. Voor de CombinAir hebben we daarom besloten de toestellen alleen aan installateurs te verkopen die een training hebben gekregen en die we in het begin ook begeleiden. Bij de verkoop van onze eerste toestellen merkten we bijvoorbeeld dat installateurs in 50 procent van de gevallen het apparaat gedachteloos op een houten wand bevestigden. Dit kan gewoon niet. We hebben dat moeten herstellen. Vandaar dat nu iedere installateur op training komt. Daarnaast hebben we op elke CombinAir een elektronisch slot gezet. Om het toestel te kunnen opstarten, moet je een checklist afwerken, zoals we dat op de training hebben afgesproken. Die checklist levert je bij ons in, en pas daarna krijgt de installateur de code om het toestel te ontgrendelen.'

Bijkerk: 'Wij beginnen dit jaar ook met speciale trainingen voor installateurs die onze hr-ketel wil installeren. De installateur komt daarvoor een dag op training bij ons in Apeldoorn en moet dan ook examen doen waarvoor hij moet slagen. Vervolgens gaat hij in de praktijk zijn eerste ketel installeren en op dat moment nemen wij hem ook een praktijkexamen af. Dan krijgt hij zijn certificaat en wordt hij door ons als hr-specialist erkend, met een vermelding op onze website. Bovendien leveren wij bij elk toestel een formulier mee dat de installateur moet aftekenen en naar ons terugsturen. Dit formulier bevat een technische checklist, maar ook onderdelen als: 'heeft u de klokthermostaat samen met de klant geprogrammeerd'. De installateur tekent via dit formulier letterlijk voor elke oplevering.'

In hoeverre is de prijs van het product een barrière voor de introductie van deze technieken?

Van Waarde: 'Zoals ik in het begin al zei is de CombinAir nu al verkrijgbaar voor een meerprijs die – bij een jaarlijkse besparing op de energierekening van ongeveer 350 euro – inclusief de bouwkundige ingrepen en met de subsidie van 950 euro in 3,5 jaar is terug te verdienen. Ik moet wel zeggen dat wij niet op kostprijs hebben geëngineerd, maar op time-to-market. Met de verbeterlagen die wij de komende jaren nog zullen doorvoeren en het volume dat omhoog gaat, reken ik op termijn op een prijsniveau die zo'n 1.000 euro hoger ligt dan de gemiddelde prijs van een hr-ketel.'

Bijkerk: 'Ik ga geen prijs voor ons toestel noemen. Dat was ook bij ons niet de insteek bij de ontwikkeling. Wij sturen bij de ontwikkeling op een redelijke terugverdientijd. Op dit moment is ons doel dat de eVita zich over vier tot vijf jaar, als de productie op niveau is, zich in maximaal vijf jaar terugverdient. De referentie daarbij is een HR107-toestel. Daarbij rekenen we met de energieprijzen van vandaag en zonder subsidies. Als de energieprijzen nog stijgen, wordt die terugverdientijd waarschijnlijk korter. De besparing op de energierekening ligt met een eVita op bijna 400 euro per jaar.'

Van Waarde: 'Dus dan zal jullie toestel ongeveer 1.500 euro meer kosten dan de gemiddelde hr-ketel.'

Bijkerk: 'Nogmaals, de uiteindelijke prijs is niet onze primaire insteek, maar de terugverdientijd. Ik vind ook dat we in ons land, opdrachtgevers maar ook de overheid, nadrukkelijker moeten kijken naar de kosten per vermeden ton CO₂-uitstoot. Subsidie is een goed instrument bedrijven in de gelegenheid te stellen nieuwe technologie te ontwikkelen. Maar bij toepassing in de markt moet je de prestaties beoordelen.'



Met de EPN en EPA hebben we al goede instrumenten op hun plek om juist die technieken te bevorderen. Maar als je het mij vraagt, moet je de technieken veel meer waarderen naar ratio dat zij aan de reductie van CO₂-uitstoot bijdragen.'

Van Wolferen: 'Daar ben ik het volledig mee eens. Besparen van primaire energie moet het belangrijkste doel zijn. Bijvoorbeeld de opslag van CO₂ bij elektriciteitsproductie gaat ten koste van het opwekkingsrendement. We gaan voor CO₂-opslag wel meer fossiele brandstof verstoppen; de schattingen liggen tussen 10 en 40 procent. Ik vind het onzinnig daarin te investeren, omdat dezelfde investering in energiebesparing en rendementsverbetering zowel een lager energiegebruik als een lagere CO₂-emissie opleveren.'

Van Waarde: 'Ik ben het eens met het uitgangspunt dat de EPN en EPA goede kaders bieden steeds efficiëntere apparatuur te ontwikkelen. Maar de normen moeten wel geregeld worden aangescherpt en de controle erop moet beter. Maar als dit mechanisme goed werkt, kan daar geen enkele subsidieregeling tegenop.'

Van Berkel: 'Wat we in dit kader niet mogen vergeten is de mogelijkheid met warmtepompen te koelen. Daalderop komt niet voor niets met een uitvoering, de CombinAir Cool, waarmee mensen hun woning ook kunnen koelen. Comfort mag tegenwoordig ook geld kosten. Er zal dus een balans moeten zijn tussen de waarde die je hecht aan energiebesparing enerzijds en de prijs voor koeling, dus voor comfort, anderzijds. Het voordeel van een warmtepomp is dat (top)koeling vrijwel gratis – slechts met wat pompenergie – erbij wordt geleverd.'

Van Wolferen: 'Ben ik het mee eens. En ik vind het om die reden erg interessant wat straks de invloed wordt van de, voornamelijk Japanse, leveranciers van splitsystemen in de woningbouw. In vergelijking tot de warmtepompen en de micro-wkk's leveren zij systemen tegen lage prijzen, omdat het goed ontwikkelde massaproducten zijn. Als zij met lucht-luchtsystemen op een redelijk zuinige wijze kunnen verwarmen én koelen, denk ik dat veel consumenten dat sterk zullen waarderen. Sluit je daarnaast een warmtepompboiler aan op het mechanische ventilatiesysteem, dan voorzie je ook in verwarming, koeling en tapwater. Ik heb al splitsystemen gezien die tot -10 °C buitentemperatuur een alleszins redelijke COP handhaven. Het is bovendien een zwaar ontwikkelde techniek. Vooral in kleinere woningen, bijvoorbeeld HAT-eenheden, is deze oplossing zo gek nog niet. Het enige probleem is de buitenunit. Waar laat je die? Het is een feit dat veel gemeenten daar niet makkelijk in zijn. Als je daarvoor een oplossing vindt en geluidsproblemen vermijdt,

worden deze systemen met een COP van 4 of hoger een serieuze concurrent.'

Van Waarde: 'Het zou een serieus alternatief kunnen zijn, ware het niet dat onze installatiecultuur daar niet op gericht is. Het gros van de installateurs werkt niet met deze systemen. Veel bedrijven zullen dan op grote schaal Stek-erkenningen moeten gaan halen. Maar ook de basisopleiding van onze installateurs sluit hierop niet aan.'

Bijkerk: 'Ik sluit me daarbij aan en zou willen aanvullen dat ook de energiemix van een land een belangrijke rol speelt. In Frankrijk en andere Zuid-Europese landen of in Scandinavië is elektriciteit de belangrijkste energiedrager in de gebouwde omgeving. Wij hebben onze hele infrastructuur ingericht op gas. Het vereist daarom een te grote omslag naar splitsystemen over te stappen.'

Wanneer draait 10 procent van alle huizen (nieuwbouw en bestaande bouw) in ons land op een micro-wkk? En wanneer draait 10 procent op een warmtepomp? (uitgaande van een totaal van 6.000.000 woningen).

Van Waarde: 'Op voorwaarde dat de EPC in 2011 wordt aangescherpt, denk ik dat in 2017 10 procent van alle woningen een warmtepomp heeft. Pas in 2030 verwacht ik dat de micro-wkk in 10 procent van de woningen aanwezig is.'

Bijkerk: 'Op basis van een inventarisatie van de markt, die we onder meer binnen de Smart Power Foundation hebben gemaakt, ga ik ervan uit dat in 2017 in 10 procent van de woningen een micro-wkk-toestel hangt. Voor warmtepompen verwacht ik eveneens dat tussen 2017 en 2020 het 10 procent aandeel wordt bereikt.'

Van Wolferen: 'Ik hou het erop dat in de periode tussen 2017 en 2020 de beide technieken in 10 procent van de woningen is doorgedrongen.'

Van Berkel: 'Ik ben toch wat voorzichtiger. De warmtepomp stond lange tijd als beloftevol te boek en dringt nu langzaam door. Een aandeel van 10 procent acht ik in 2020 haalbaar. Micro-wkk, op basis van een turbine of brandstofceltechniek, is op dit moment in het stadium van een belofte, maar heeft denk ik nog tijd nodig. Ik verwacht niet voor 2030 een marktaandeel van 10 procent.'

Auteur

Rob van Mil

Fotografie

Gerjan van Oosten

