



DOE MEER MET JE EIGEN ENERGIE EN SPAAR GELD

Dit dossier belicht een aantal duurzaamheidsaspecten van energiegebruik. Je kan veel besparen door zelf elektriciteit te produceren. Door de zelf geproduceerde energie maximaal in te zetten voor je bedrijf kan je nog extra besparen. Slim aansturen is de boodschap. Het project SAVE laat je zien wat mogelijk is. – *Marleen Gysen &*

Laurens Vandelannoote, innovatieconsulenten ; Lars Van der Auwera, KU Leuven

De voorbije jaren hebben veel Vlaamse land- en tuinbouwbedrijven geïnvesteerd in de productie van 'eigen' elektriciteit, voornamelijk door het plaatsen van fotovoltaïsche panelen (PV). Het moment waarop de zon schijnt valt echter niet altijd samen met het moment waarop je bedrijf elektriciteit verbruikt. Het plotselinge overschot aan elektrische energie wordt meestal eenvoudigweg op het net geïnjecteerd. Bij grotere installaties zonder terugdraaiende teller krijg je een vergoeding voor deze geïnjecteerde stroom. Die vergoeding ligt evenwel een stuk lager dan de uitgespaarde aankoop van elektriciteit wanneer je bedrijf de stroom onmiddellijk

zelf zou kunnen verbruiken. Je kan dan ook veel besparen wanneer je zelfgeproduceerde energie maximaal op je eigen bedrijf kan inzetten.

Slim aansturen van elektriciteit

In het kader van een oproep van het Agentschap voor Innovatie door Wetenschap en Technologie (IWT) hebben Boerenbond, Unizo, Tecnolec en ODE met succes het projectvoorstel 'SAVE – Slim Aansturen Van Elektriciteit' ingediend. Samen met kennispartners KU Leuven, UGent Power-Link, Thomas More, Inagro, Energyville en Greenbridge werkt het Innovatiesteunpunt sinds oktober 2014 aan eenvoudige maatregelen om elektri-

sche energie zo efficiënt mogelijk in te zetten op bedrijfsniveau. Door vraag en aanbod zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen, kan de zelf geproduceerde energie maximaal worden ingezet binnen het eigen bedrijf. Dit kan bijvoorbeeld door het verschuiven van energieverbruikers of het opslaan van energieoverschotten in batterijen.

QuickScan

Het aansturen van energieverbruikers in functie van het aanbod wordt ook wel *demand side management* (DSM) genoemd. Om op een eenvoudige en snelle manier na te gaan of DSM rendabel zou kunnen zijn voor een bedrijf, werd de

QuickScan ontwikkeld. Deze softwaretool maakt op basis van een beperkt aantal gegevens snel een eerste inschatting. Als eenvoudig voorbeeld nemen we een fruitbedrijf uit Haspengouw, dat appels en peren bewaart en sorteert. Het bedrijf kent een grote verbruikspiek tijdens de pluk in de maanden augustus, september en oktober. Het fruit moet namelijk in een korte periode worden ingekoeld tot een temperatuur tussen -1 en 2 °C. Het jaarlijks verbruik tijdens de piekuren bedraagt 63.000 kWh, in de daluren is dat 103.000 kWh. Er is voor 93 kW aan PV-vermogen opgesteld. In de berekeningen werd verondersteld dat deze PV-panelen 93.000 kWh per jaar produceren. Uit de gegevens van de distributiemaatschappij blijkt dat hiervan jaarlijks gemiddeld 60.000 kWh op het distributienet wordt geïnjecteerd. Slechts een derde van de eigen productie wordt dus binnen het bedrijf gebruikt.

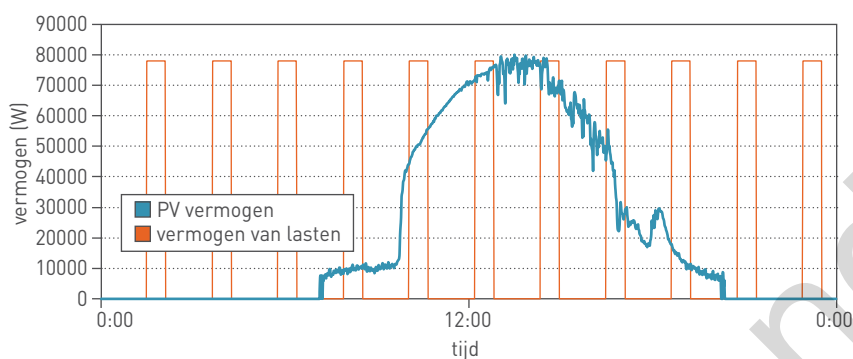
Om na te gaan of slim aansturen mogelijk is, moesten we eerst de 'controleerbare verbruikers' definiëren. Dit kunnen onder meer koelinstallaties zijn, toestellen waarvan men het functioneren in de tijd kan verschuiven of batterij gevoede verbruikers. Het fruitteeltbedrijf heeft

.....
Stroom onmiddellijk zelf
verbruiken brengt meer op
dan de vergoeding voor
geïnjecteerde stroom.
.....

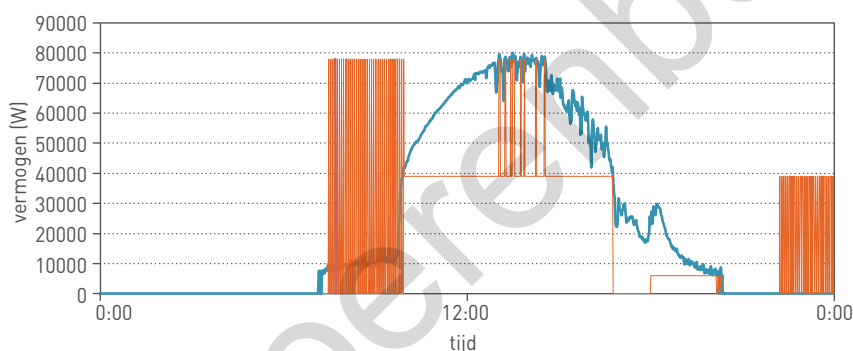
koelcellen met een totaal vermogen van 78 kW. Voor het toegelaten temperatuurbereik in de koelcellen gebruikten we de gegevens van het Vlaams Centrum voor Bewaring van Tuinbouwproducten (VCBT). Verder is er een heftruck die op batterijen werkt. Deze heeft een oplaadtijd van 5 uur.

Resultaten

In de QuickScan wordt de koeling in 3 standen gemodelleerd: 100% vermogen, 50% vermogen en 0% vermogen. In de praktijk kan het zijn dat de koeling in meer trappen regelbaar is (dit kan blijken uit bijkomende vragen en metingen). Hoe meer trappen de koeling heeft, hoe beter die het geleverde PV-vermogen kan volgen.



Figuur 1 Dagverloop van het verbruik van een koeling zonder DSM-regeling - Bron: SAVE



Figuur 2 Dagverloop van het verbruik van een koeling met DSM-regeling - Bron: SAVE



Door de zelfgeproduceerde energie maximaal in te zetten voor je bedrijf kan je nog extra besparen.

Wanneer in een situatie zonder sturing de temperatuur in de koelcellen te hoog oploopt, zal de koeling starten. In dit geval werd uitgegaan van volledig gevulde koelcellen. Hierdoor zal tijdens het koelen steeds het volle vermogen worden gevraagd. Van zodra het fruit ver genoeg gekoeld is, zal de koeling afschakelen. Figuur 1 toont het standaardverloop van

het verbruik van een koeling zonder DSM-regeling. Figuur 2 toont eenzelfde verloop, maar bij een installatie met DSM-regeling. Die regeling zal zo lang mogelijk wachten met het aanschakelen van de koeling. Wanneer in het begin van de dag het PV-vermogen laag is, zal de regeling de koeling telkens kortstondig (enkele minuten) laten koelen, om zo



Grote PV-installaties kunnen niet profiteren van een terugdraaiende teller. Daarom is het nuttig om het stroomverbruik zo veel mogelijk af te stemmen op de momenten met hoge productie.

weinig mogelijk elektriciteit van het net te halen. De regeling houdt rekening met het schakelpatroon van de koelcellen en respecteert de vooropgestelde aan- en uittijden. Hierdoor wordt vroegtijdige slijtage/onderhoud zo goed mogelijk vermeden. Wanneer er genoeg PV-vermogen is, zal de koeling quasi continu koelen voor 50% of 100%, afhankelijk van de temperatuur van de koelcellen. Het percentage hangt af van het aantal ingestelde koeltrappen. Wanneer er geen PV-vermogen is (zoals 's nachts), zullen de koelcellen opnieuw schakelend worden gestuurd om zo weinig mogelijk elektriciteit van het net af te nemen. Tussen 18 uur en 5 uur 's morgens kan de batterij van de elektrische heftruck

worden opgeladen. Dat duurt ongeveer 5 uur. In de situatie zonder DSM, wachten zo lang mogelijk met opladen. Om maximaal van het nachttarief te profiteren gebeurt dit volledig tijdens de nacht. Daarom staat dit niet op de figuur. In de situatie met DSM kan de batterij nog deels opgeladen worden met elektriciteit van de PV-panelen. Hier wordt dan ook gebruik van gemaakt (kleine blokje vanaf 18 uur in figuur 2).

Algemeen zien we dat met DSM zo veel mogelijk van het controleerbaar vermogen wordt geschakeld naar tijdstippen waarop de PV-installatie stroom opwekt. Zonder DSM zal het toestel zelf beslissen wanneer het moet aan- en uitschakelen met als gevolg dat er minder eigen

productie wordt gebruikt. Uit deze snelle analyse blijkt dat het bedrijf jaarlijks ongeveer 20.000 kWh minder zal injecteren (40.000 kWh in plaats van 60.000 kWh nu). Dit betekent dat een besparing van 8% op de elektriciteitsfactuur haalbaar zou kunnen zijn.

Besparing

De resultaten van deze QuickScan geven dus aan dat het inzetten van een slimme regeling voor het aansturen van elektriciteit potentieel rendabel is voor het bedrijf. Voor twijfelgevallen of voor rendabele cases die meer info willen, is de volgende stap het invoeren van meer gedetailleerde gegevens in een uitgebreide scan. Hiertoe zijn eventueel metingen nodig op het bedrijf. De beslissingsondersteunende simulatietool berekent wat een regelstrategie kan betekenen op het bedrijf. Hoe moet de installatie worden gedimensioneerd? Wat zal het kosten en wat brengt het op?

Online rekentool

Eind 2015 zal de QuickScan online staan, zodat je zelf aan de slag kan met deze eenvoudige rekentool. Wil je in de tussentijd weten of je het elektriciteitsverbruik op je bedrijf kan optimaliseren of wil je meewerken aan de verdere ontwikkeling van de tool? Bezorg ons je gegevens en we laten de QuickScan los op jouw bedrijf! Vragen? E-mail naar energie@innovatiesteunpunt.be ■



STARTEVENT VAN SAVE OP 15 OKTOBER

Wil je kennismaken met de instrumenten die worden ontwikkeld voor het slim aansturen van energie op je bedrijf? Wens je de installateur te ontmoeten die je hierbij kan helpen? Kan je advies gebruiken van onze projectexperten? Wil je op de hoogte blijven van de nieuwe evoluties en de organisaties die actief zijn op dit terrein? Neem dan deel aan het startevent van SAVE op donderdag 15 oktober. We starten om 18.30 uur. Locatie: Campus De Nayer, Jan De Nayerlaan 5 in Sint-Katelijne-Waver. Meer info over het programma en de mogelijkheid tot inschrijven kan je vanaf begin september vinden op onze website www.innovatiesteunpunt.be of op de website van het project www.slimaanstorenvanelectriciteit.be.



LEGHENNENBEDRIJF DOORGELICHT

Wanneer je een energiescan laat uitvoeren, zorg je er best voor dat je niet enkel je energiefacturen maar ook recente bouwdoSSIERS bij de hand hebt. Om een objectief beeld te kunnen schetsen van het energiebeheer op het leghennenbedrijf van Paul en May Anthonissen uit Wuustwezel had energieconsulent Laurens Vandelannoote eerst veel informatie nodig. – *Patrick Dieleman*

Het Innovatiesteunpunt voert jaarlijks een zestigtal energie-scans uit op land- en tuinbouw-bedrijven. Meestal vragen bedrijven een energiescan aan omdat ze denken dat hun energiefactuur te hoog is. Sommigen willen met het gedetailleerd rapport van hun verbruiksprofiel nagaan of ze goed bezig zijn. Op dit bedrijf is de reden vooral administratief. May vertelt dat de milieu-inspectie hen naar aanleiding van een controle vroeg om een summiere energiebalans op te maken voor hun bedrijf. Ze zijn duidelijk inspecties en audits gewoon. Paul legt uit dat dit ook komt door hun classificatie als IPPC-bedrijf. Dit is een gevolg van een Europees vergunningenkader bedoeld voor industriële installaties. Door de manier waarop die wetgeving in elkaar zit, bestaat in Vlaanderen het bestand aan

.....
Meestal vragen bedrijven een energiescan aan omdat ze denken dat hun energiefactuur te hoog is.

IPPC-bedrijven voor meer dan de helft uit intensieve veehouderijen. IPPC-bedrijven worden geconfronteerd met extra analyses en rapporteringen die moeten toezien op de kwaliteit van het grondwater en de bodem. "Dat betekent ook dat wij voor onze rundveehouderij veel strenger beoordeeld worden dan rundveehouders die geen pluimvee hebben", vertelt Paul. Wetgeving kan absurd zijn.

In kaart

Het eerste wat Laurens nodig heeft, is een plattegrond van het bedrijf. Dat geeft hem de mogelijkheid om de verschillende entiteiten systematisch aan bod te laten komen. Na ieder antwoord op zijn vragen vult hij een Excelprogramma in, waarop ook automatisch enkele grafiekjes verschijnen. Drie belangrijke afdelingen op dit bedrijf zijn de kleine volièrestal, de grote volièrestal van 3 jaar oud en de stal en bijbehorende installaties voor de KI-stieren. Vervolgens komt het elektriciteitsverbruik aan bod. Om de aankoop van elektriciteit te beperken heeft de familie Anthonissen 2 PV-installaties: een grote die verbonden is met de elektriciteitsmeter van het bedrijf en een kleine voor de woning. Bij een pluimveebedrijf zijn zonnepanelen erg interessant omdat de

pieken in het stroomverbruik, door de verhoogde behoefte aan ventilatie bij hoge temperaturen, samenvallen met de pieken in elektriciteitsproductie. Paul vertelt dat het bedrijf ook elektrische motoren heeft voor onder meer de klimaatregeling, de voederinstallatie, het systeem dat de eieren transporteert naar de sorteer- en verpakkingruimte en de mestdrogingsinstallatie. Om dit grote vermogen te verwerken, is destijds een hoogspanningscabine geplaatst. Laurens reageert dat hij de gegevens over de cabine zal opvragen. Dat kan één keer per jaar gratis. Bij bedrijven zonder hoogspanningscabine kunnen meettoestellen geplaatst worden om het verbruiksprofiel op te meten. Ook specifiek voor het bedrijf zijn de vele hoogfrequente lampen. Samen met de motoren maken ze dat de cosinus phi vrij slecht is (zie verder). Een condensatorbatterij moet die compenseren. Laurens vult de gegevens over elektriciteitsproductie en -verbruik en teruglevering aan het net aan in het programma. Tussendoor merkt hij op dat de elektriciteitsprijs vrij hoog is. Hij kan helpen om de geboden prijs te plaatsen wanneer ze binnenkort hun stroomcontract heronderhandelen. De zonnepanelen leveren meer dan de helft van het totale elektriciteitsverbruik. Aan de cijfers kan Laurens zien dat een van de installaties te weinig levert. Paul bevestigt dat ze overwegen om de helling aan te passen van de panelen die op een van de stallen schuin opstaand op het dak gemonteerd werden. Nu komen de achterliggende panelen deels in de schaduw bij lage zon. Hij vertelt ook dat hij een installatie wil maken om zelf de panelen te wassen. Hij denkt aan een vaste leiding met een aantal snelkoppelingen verdeeld over het dak. Die zal gevoed worden door een pomp vanuit een regenwaterreservoir. Maar hij beseft ook dat het wassen omzichtig moet gebeuren, zowel om beschadiging als elektrocutie te vermijden. Laurens bevestigt dat de beide aanpassingen zinvol kunnen zijn. Binnen een circuit bepaalt immers het minst productieve paneel de totale elektriciteitsproductie. Dat 60% van de opgewekte elektriciteit onmiddellijk kan worden verbruikt, is wel een heel goede score.

Andere verbruikers

Ondertussen maakt Paul een lijstje van alle elektrische motoren en hun verbruik. Dat komt al een eerste keer van pas

wanneer het aspect ventilatie aan bod komt. In beide stallen wordt gewerkt met lengteventilatie. In de oudste stal zitten de luchtinlaatventielen in de zijmuren. Paul uit zich heel positief over het concept in de nieuwe stal, waar de inlaatventielen in het plafond zitten. "De lucht komt binnen in de zolderruimte boven de stal, wat zorgt voor voorverwarming in de winter en afkoeling in de zomer. Nadien

22 °C te kunnen houden. Voor de verlichting wordt in de oudere stal gewerkt met kleine hoogfrequente tl-lampen van 18 W. In de nieuwe stal zijn er grotere lampen van 58 W. Meegaan met de technische evolutie bleek niet altijd een goede keuze. Paul vertelt dat ze de eerste generatie ledlampen van Osram probeerden. Hij moest ze alle binnen het jaar vervangen. Laurens bevestigt dat de prestaties van



© MARCEL BEKKEN

FAMILIE ANTHONISSEN-VERHEYEN

Leeftijd: Paul (47) en May (46)

Gemeente: Wuustwezel

Specialisatie: leghennen, KI-stieren en vleesvee (op een andere locatie)

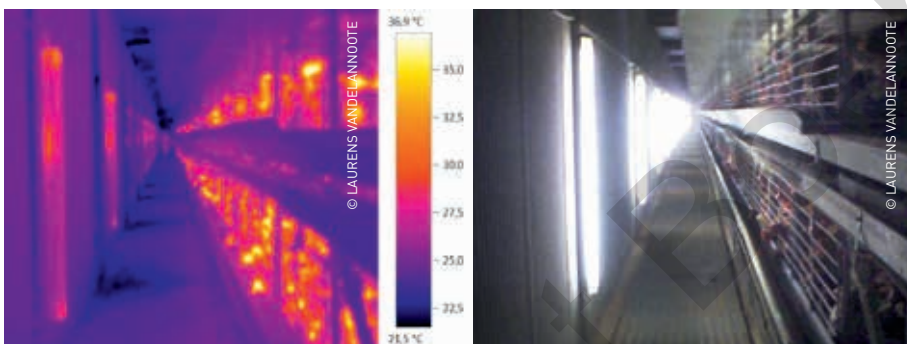
Het is nuttig te kunnen terugvallen op iemand met kennis van zaken voor beslissingen over energieverbruik en -besparing.

zakt de lucht in de gangen tussen de kooien, zodat de kippen geen trek onder vinden." Nieuw voor mij is de combinatie van ventilatoren om het vereiste debiet te bereiken. De grote ventilatoren hebben geen frequentieregeling nodig. Ofwel draaien ze op volle capaciteit, ofwel niet. Wanneer de ventilatiebehoefte in de stal verhoogt, wordt een extra ventilator ingeschakeld. Een kleine frequentiege-regelde ventilator zorgt dat de overgang naadloos verloopt. Verwarming is er niet in de pluimveestallen. Ook 's winters produceren de dieren zelf voldoende warmte om de stal op

die lampen gemeten worden in laboratoriumomstandigheden. De stalcondities met een ammoniakomgeving hadden duidelijk een negatief effect. Hij vraagt of ze al gedacht hebben aan lichtkoepels. Paul reageert dat de nieuwste stal beschikt over natuurlijk licht. Het bepalen van het elektriciteitsverbruik van de voederinstallatie blijkt een hele berekening te vergen: 5 voederbeurten van telkens 400 seconden per dag voor de motoren die de spiralen aandrijven. De aanvoervijzels draaien dan weer gedurende de hele voederbeurt, zodat hun motoren meer draaiuren hebben.



Met de warmtebeeldcamera kan men koudebruggen opsporen.



WARMTELEKKEN OPSPOREN

De warmtebeeldcamera geeft de temperatuur weer van de oppervlakken in beeld. Dat laat toe om mogelijke koudebruggen op te sporen. Deze stal is goed geïsoleerd. Het zijn de kippen en de lampen die hier verantwoordelijk zijn voor de warmtelekken.

Vervolgens passeren de waterpompen, de mestdrooginstallatie, de eijerverzameling, de machines in de sorteer- en verpakingsruimte en tenslotte de installatie voor de KI-stieren de revue. Telkens noteert Laurens nauwgezet alle gegevens.

Op het terrein

Om af te toetsen of alles werd meegenomen, bekijken we vervolgens het bedrijf. Op enkele plaatsen schakelt Laurens de warmtebeeldcamera in. Die geeft een beeld van mogelijke warmteverliezen. De beelden kan Laurens opslaan en verwer-

ken in zijn rapport. Op mijn vraag naar het vervolg van het procedé vertelt hij dat hij al zijn berekeningen zal verwerken in een rapport. Daarin komen de verschillende vormen van energieverbruik aan bod en geeft hij mogelijke acties voor energiebesparing en eigen energieproductie aan. Vervolgens zal hij telefonisch contact opnemen met de bedrijfsleiders om dit te bespreken. Op bedrijven waar aanpassingen nodig zijn kan hij helpen bij de voorbereiding van de aanvragen voor offertes, en de beoordeling ervan nadien. Hij constateert dat deze nieuwe stallen geen opvallende gebreken hebben. Dat

geldt overigens ook voor het hele bedrijf, dat duidelijk met de nodige zorg is geconcepieerd. Op andere bedrijven gaan de voorstellen voor aanpassing vergezeld van een analyse van investeringskosten, ondersteuningsmaatregelen en de te realiseren energiebesparing. May en Paul vertellen dat ze wel degelijk al nuttige zaken haalden uit het gesprek. Paul verwijst naar het rendement van de zonnepanelen en naar het feit dat ze nu weten dat ze vrij veel betalen voor hun stroom. "Energieverbruik en -besparing zijn aspecten waar we weinig achtergrondkennis van hebben", besluit May. "Toch moeten we er beslissingen over nemen. Daarom is het goed dat we kunnen terugvallen op iemand die daarvoor wel de nodige achtergrond heeft."

Condensatorbatterij

Alle gebruikers van wissel- of draaistroom hebben te maken met 2 vormen van energie: actief- of werkelijk vermogen en reactief of blindvermogen. Bij het gebruik van elektriciteit wordt alleen het werkelijk vermogen omgezet in mechanische energie, warmte of licht. Het blindvermogen wordt gebruikt voor het magnetisme in elektrische machines, transformatoren en dergelijke.

Wanneer er werkelijk en blindvermogen wordt getransporteerd, geeft dat aanleiding tot warmteverliezen en spanningsverliezen in de leidingen. Voor het werkelijk vermogen blijft centrale opwekking en vervolgens transport (distributie) naar de klanten economisch het beste. Voor het blindvermogen geldt echter het omgekeerde. Gehele of gedeeltelijke lokale opwekking door bijvoorbeeld condensatoren is goedkoper. Dit staat bekend als cosinus phi-compensatie. Om hetzelfde nuttige vermogen te verkrijgen loopt er een grotere stroom door de leidingen als de cosinus phi slechter (kleiner dan 1) is. Daarom rekenen netbeheerders bij afnemers die hoogspanning hebben een 'boete' aan. Bij Eandis mag de cosinus phi niet lager zijn dan 0,93. Op dit bedrijf lag die op 0,8. Een condensatorbatterij compenseert die slechte cosinus phi ter plaatse. Het terugverdieneffect is gebaseerd op het wegvallen van die boete. Bij de familie Anthonissen wordt de terugverdiëntijd geschat op 3 jaar. Een nuttige investering dus. ■



STROOM EN WARMTE MET KLEINSCHALIGE VERGISTERS

Biogas neemt een speciale plaats in binnen de hernieuwbare energie. Het is relatief eenvoudig op te slaan en kan dus flexibel worden ingezet. De productie van biogas is bovendien niet afhankelijk van wisselvallige weersomstandigheden.

— Marleen Gysen, innovatieconsulent

Met biogas kan elektriciteit en warmte worden gemaakt. Bovendien is het bruikbaar als transportbrandstof en als alternatief voor aardgas. Het kan worden geproduceerd op basis van landbouwresiduen en overschotten. We gingen kijken in andere Europese landen en zagen hoe landbouwers op een creatieve manier gebruik maken van de mest op hun bedrijf om de energierekening te laten dalen.

Varkensmest als duurzame brandstof in Spanje

Varkensbedrijf Agronsella, in Undués de Lerda nabij Zaragoza, bouwde in 2013 in samenwerking met ingenieursbureau Biovec een biogasinstallatie met als doel warm water te produceren voor het eigen

verwarmingssysteem. De installatie werkt anaeroob en wordt volledig gevoed met eigen mest van het bedrijf. De investeringskosten bedroegen 220.000 euro. Jaarlijks vergist men 2000 ton varkensmest in een mengvergister van 670 m³ met temperatuurcontrole. De mest wordt vooraf in een voorbehandelingstank van 55 m³ geconcentreerd zodat de warmtevraag van het vergistingsproces zelf minimaal is. Het vergiste materiaal wordt gemengd met het niet-geconcentreerde materiaal. Het digestaat wordt opgeslagen in opslagtanks van 580 m³ tot het uiteindelijk wordt gebruikt om als meststof uit te spreiden op het land. Het bedrijf beschikt daarvoor over 350 ha. Dat is eigenlijk 150 ha te weinig om te voldoen aan de Spaanse wetgeving.

Het biogas wordt in 2 ketels met elk een vermogen van 150 kW verbrand. Jaarlijks wordt 150.000 m³ biogas geproduceerd, wat overeenkomt met een warmteopbrengst van 900.000 kWh. Dit volstaat om de 90.000 l stookolie, die vroeger nodig was om het bedrijf te verwarmen, volledig te vervangen. Alle geproduceerde warmte dient uitsluitend om het vergistingsproces in stand te houden en voor eigen gebruik binnen het bedrijf. De terugverdientijd van het hele project wordt geschat op 4 jaar.

Selfmade-vergister in Oostenrijk

De belangrijkste reden waarom melkveehouder Franz Bernecker uit Hochburg-Ach in 2011 een biogasinstallatie bouwde, was om zelfvoorzienend te worden in

energie. Voor zijn biologisch bedrijf was ook het verminderen van geuremissies een belangrijke troef bij het nemen van deze beslissing.

Enkele jaren voordien had dit Oostenrijkse familiebedrijf geïnvesteerd in een houtsnipperketel en een klein lokaal warmtenetwerk om het bedrijf, de eigen woning en enkele bureaus van hernieuwbare warmte te voorzien. In 2010 besliste Franz om een kleine biogasinstallatie te bouwen als aanvulling op de reeds geïnstalleerde duurzame technieken op zijn bedrijf. Hij ontwierp de installatie om te kunnen voorzien in de elektriciteitsbehoefte van het bedrijf en om samen met een zonneboiler te kunnen instaan voor de warmtevraag van het warmtenetwerk in de zomer. Hij baseerde zich op bestaande installaties en paste deze aan volgens zijn eigen noden en omstandigheden.

Door het grootste deel van die installatie zelf te bouwen, wist Franz de investering te beperken. Die kostte hem ongeveer 100.000 euro aan materialen. Voor het aanvraagproces liet hij zich bijstaan door de firma Müller Abfallprojecte, een ervaren ingenieursbureau.

Jaarlijks gaat 730 ton vloeibare mest en 440 ton vaste mest naar de installatie. De vloeibare mest stroomt onder invloed van de zwaartekracht in het opvangreservoir van de vergister. Door een luik in het betonnen deksel wordt vaste mest toegevoegd en samen met de vloeibare mest gemengd met behulp van een krachtige

opgeslagen in een grote zak, vanwaar het ofwel naar de gasmotor van de wkk-installatie gaat ofwel naar de verwarmingsketel. De gasmotor heeft een elektrisch vermogen van 6 kW en draait enkel wanneer het bedrijf stroom nodig heeft. Jaarlijks wordt op deze manier 148.000 kWh warmte en 52.000 kWh elektriciteit geproduceerd. De installatie verbruikt zelf 7% van deze elektriciteit. Sinds de opstart draait deze installatie betrouwbaar en zonder problemen. Ze heeft jaarlijks meer dan 8000 draaiuren. Bernecker gaf aan dat hij de installatie op dezelfde manier zou bouwen, indien hij het proces zou overdoen.

Kleinschalige vergisting in de praktijk

Op de website van het Innovatiesteunpunt kan je het handboek 'Kleinschalige vergisting in de praktijk' bekijken en downloaden.

Met dit handboek wil het EU-Project 'BioEnergy Farm 2 - Mest, de duurzame brandstof voor het landbouwbedrijf' landbouwers praktische informatie bieden rond de productie van biogas op het eigen bedrijf, waardoor tegelijkertijd én het eigen inkomen kan toenemen én milieuvriendelijke eigen energie wordt geproduceerd. Het bevat een basisinleiding rond de productie en het gebruik van biogas en beschrijft in detail de noodzakelijke stappen bij de ontwikkeling van een biogasproject. Het handboek geeft eveneens regio-specifieke informatie over vergunningen en steunmaatregelen. ■

Meer info via www.innovatiesteunpunt.be.



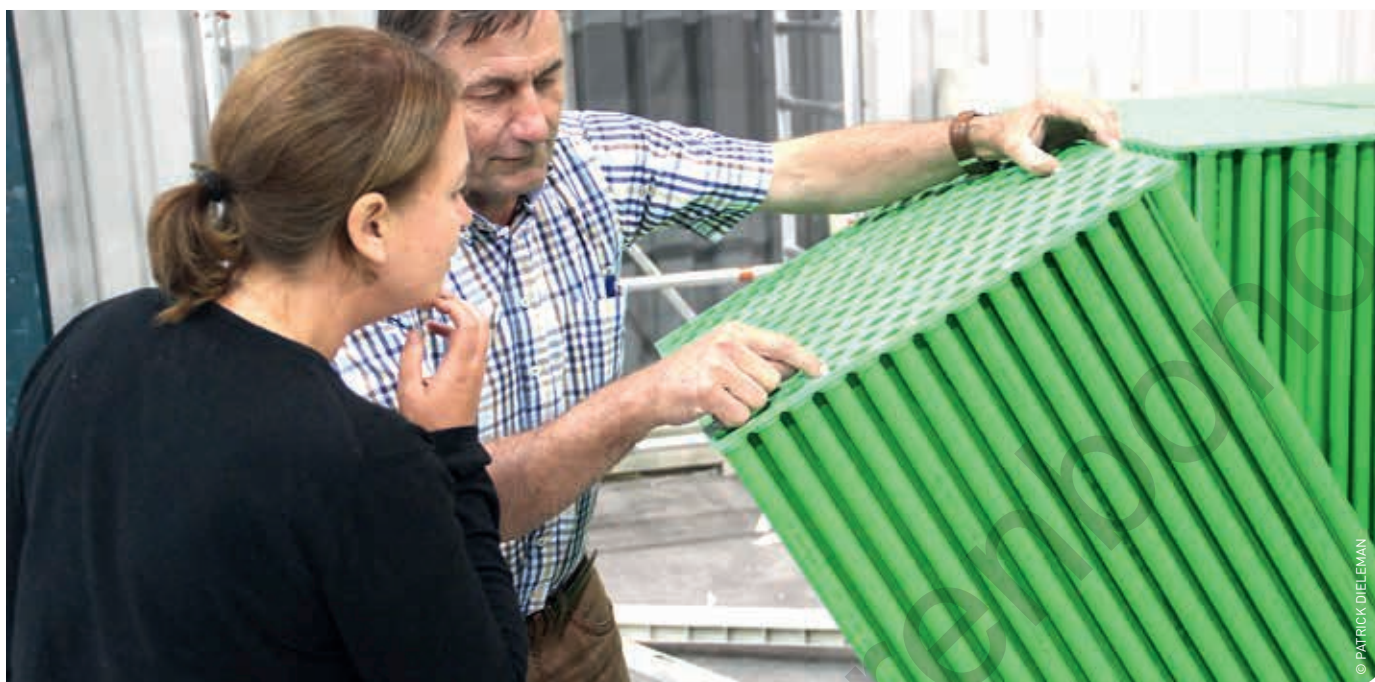
.....
Biogas kan je relatief eenvoudig opslaan en inzetten wanneer je warmte of elektriciteit nodig hebt.
.....

mixer. Het principe van communicerende vaten zorgt ervoor dat een deel in de vergister wordt geduwd wanneer verse mest wordt toegevoegd aan het opvangreservoir. Op datzelfde moment wordt digestaat van de vergister naar een volgende tank gestuwd. Van daaruit komt het digestaat in een opslagtank van 700 m³. De mest blijft gemiddeld 35 tot 40 dagen in de vergister.

De vergister produceert ongeveer 50.000 m³ biogas per jaar. Dit wordt

EEN KLEINSCHALIGE VERGISTER, OOK INTERESSANT VOOR JOU?

Met de online vergistingstool op www.bioenergyfarm.eu kan je eenvoudig en snel berekenen of een biogasinstallatie op bedrijfsniveau economisch haalbaar kan zijn voor jouw bedrijf. De vergistingstool van het project BioEnergy Farm 2 is zo ontworpen dat je die zelf kan invullen. Als er toch iets niet duidelijk zou zijn, kan je gerust contact opnemen met een van de innovatieconsulenten energie via tel. 016 28 61 27 of energie@innovatiesteunpunt.be. Als de uitkomst positief is en je geïnteresseerd bent in een meer uitgebreide scan, kan je eveneens contact opnemen. Er wordt dan een afspraak gemaakt om je bedrijf te bezoeken en ter plaatse een uitgewerkte expertscaan uit te voeren. Dit geeft de mogelijkheid om verschillende scenario's door te rekenen, de schaalgrootte te bepalen of te veranderen en om financiële data te verzamelen die vervolgens in een businessplan kunnen worden gebruikt.



© PATRICK DIELEMAN

VARKEENS ALS WARMTEBRON

Ook voor de varkenshouderij biedt het recupereren van warmte uit stallucht mogelijkheden. Lucht-lucht-warmtewisselaars hebben volgens Sjaak van der Linden van ITB heel wat potentieel, wegens hun hoge rendement. Innovatieconsulent Marleen Gysen had daarover een gesprek met hem. – *Patrick Dieleman*

Sjaak van der Linden vertelt dat ITB, dat gevestigd is in het Nederlandse Boxmeer, ooit startte met het bouwen van luchtkokers. “Daar kwam al snel het produceren van inblaasunits bij. Die verspreiden en recirculeren de lucht in pluimveestallen. Verder maken ook lucht-lucht-warmtewisselaars deel uit van het productenpakket (een basis-module van een dergelijke warmtewisselaar kan je zien op de foto bovenaan). Bij een behoorlijk temperatuurverschil met buiten profiteer je daarbij van de condensatie-energie, wat je bij een lucht-water-warmtewisselaar niet hebt. Daardoor haal je al snel hoge rendementen. De buizenwisselaar is geen nieuw concept, maar het is wel nieuw dat we die nu moduleerbaar kunnen aanbieden.”

Warmterecuperatie

In de varkenshouderij is er veel warmterecuperatie mogelijk, maar in de praktijk

gebeurt dat nog te weinig. Energieconsulente Marleen Gysen wijt dit enerzijds aan het gebrek aan kennis daarover, zowel bij installateurs als bij veehouders. “Maar anderzijds zijn de energiekosten op varkensbedrijven beperkt, ook al gaat het soms om grote absolute bedragen. Bovendien hebben varkensboeren die dachten aan energie de laatste 10 jaar hun dak vol PV-panelen gelegd. In het beste geval installeerden ze energiezuinige ventilatoren of isoleerden ze het dak. Er is nochtans enorm veel warmte aanwezig op varkensbedrijven: in de vloer, in het luchtkanaal ... Er is heel veel potentieel, de kunst is alleen om het op een betaalbare manier te hergebruiken.” “Wij verwachten nochtans heel veel van die markt”, reageert Sjaak van der Linden. “We zullen dat ook stimuleren. In de pluimveehouderij wordt al heel veel aan warmterecuperatie gedaan. Niet alleen omdat ze daardoor hun stookkosten

kunnen reduceren met 50%, maar vooral omdat die systemen de uitstoot van fijn stof en ammoniak sterk reduceren. Daardoor hoefde men de Nederlandse pluimveehouders niet te verplichten om luchtwassers te bouwen.

.....
Dit systeem laat toe om ruimer te ventileren tegen lagere energiekosten.
.....

In varkensstallen reduceer je de ammoniakemissie niet, maar we hebben wel metingen voor de reductie van de uitstoot van fijn stof. Als je de energiekosten wil verlagen, moet je vooral denken aan biggenstallen, waar de meeste energie verbruikt wordt.” Sjaak rekent snel voor

dat men in Nederland per zeug (zonder de vleesvarkens) 50 m³ aardgas per jaar moet rekenen. Daarvan gaat 95% naar de kraam- en biggenafdelingen. "Ik heb ooit gemeten dat 60% daarvan voor de biggen is. Daarom worden biggenstallen steeds vaker uitgevoerd met warmtewisselaars. Ik zie veel perspectieven voor dergelijke systemen, want die hebben rendementen van 70 tot 80%. Het nadeel is dat die lucht het systeem vervuult. We krijgen meer vraag naar lamellenwisselaars, omdat die meer fijn stof kunnen vangen. In stallen met luchtwassers loop ik het gevaar dat de lucht die ik aanbied aan mijn luchtwasser uiteindelijk te koud is. Bij een biologische luchtwasser heb je een minimale temperatuur nodig van 18 tot 20 °C.

Marleen vraagt hoe dat werkt in biggenstallen met vloerverwarming. "In biggenstallen warm je de lucht op. We hebben zowel stallen met als zonder vloerverwarming. Deltabuizen moeten het warmteverschil overbruggen. Door de warmtewisselaar wordt de lucht voorverwarmd, dus dat deel heb je al te pakken. De vloerverwarming dient als aanvulling." Voor kraamstallen sluit Sjaak dit systeem niet uit, maar bij biggen kom je sneller aan hoge rendementen. In kraamstallen hebben niet alle dieren dezelfde warmtebehoefte, enkel de kleine biggetjes hebben warmte nodig.

Air2pigs

Marleen wil weten hoe het air2pigs-systeem werkt. Sjaak reageert dat in Nederland zich een verschuiving van chemische naar biologische luchtwassers doorzet. Daarmee wil men de jaarlijkse kosten van zwavelzuur vermijden die chemische luchtwassers mee-brengen. "Men kijkt meer en meer naar ammoniak, fijn stof en geur. De lucht wordt gewassen op het einde van het afzuigkanaal en met een warmtewisselaar in het kanaal riskeer je dat de lucht te koud wordt. Om goed te werken moet die minstens 18 tot 20 °C zijn. Toen vroeg iemand me waarom we de energie niet achter de luchtwasser zouden weghalen. Die had een punt. Achter de luchtwasser hebben we een luchtvochtigheid van 100%, tegen 75% in het kanaal. De energie-inhoud bleef behouden, maar die is omgezet van voelbare warmte in latente warmte. Die heb ik beschikbaar, en dat is interessant, want dat geeft condensatie-energie."

Nadat Sjaak erover begon na te denken, kon hij dit systeem in de praktijk brengen bij een klant met 3000 vleesvarkens. "Een vleesvarkensstal heeft niet direct een grote warmtebehoefte, maar die varkenshouder werd vooral aangesproken door de mogelijkheid om 's winters meer te ventileren. Dat laat toe om het klimaat en de dieren beter onder controle te houden. Die man wilde niet overdreven veel geld besteden aan een dergelijk systeem. We hebben toen samen naar een oplossing gezocht."

Vervolgens begint Sjaak het systeem te tekenen: "In de winter gaat het lucht-

inlaatgordijn aan de zijkant helemaal dicht en komt alle lucht binnen via de warmtewisselaar", licht hij toe. "Het systeem is geregeld op onderdruk. Als de ventilatoren van de stal meer afzuigen verhoogt de onderdruk en gaan daardoor de ventilatoren aan de warmtewisselaar ook sneller draaien. Daardoor kan hij de benodigde ventilatiecapaciteit binnenhalen door de warmtewisselaar. Bij de laagste temperatuur die we konden constateren, -7 °C, hadden we 15 °C in de gang. Die klant geloofde in dat systeem, maar hij vertelde maar één groot probleem te hebben: hoe zou hij het renda-



1 De luchtwasser wordt centraal op het dak gebouwd. De warmtewisselaar werd daar bovenop in een liggende stand voorzien. 2 In het oude gedeelte zit het luchtkanaal ingebouwd tussen het plafond van de werkgang en het dak. Een eenvoudige schuif laat Floor Bikker toe om de afvoer van de lucht te regelen zonder elektronische snufjes.

bel krijgen? Dat kostte toen voor 3000 vleesvarkens ongeveer 28.000 euro. Dat kan niet als je stookkosten maar 1,5 euro per vleesvarkensplaats bedragen.” Sjaak vindt dat het systeem te verantwoorden is doordat het ruimer ventileren de gezondheidsproblemen bij de dieren verlaagt, onder meer door de goede luchtvochtigheid. Marleen vat het samen dat dit systeem toelaat om ruimer te ventileren tegen lagere energiekosten. Op die manier lijkt het wat op een systeem dat ze zag op een geitenbedrijf in Canada (zie pagina 31). Sjaak reageert dat veel bedrijven tijdens de winter minder ventileren om de temperatuur te kunnen handhaven. Daardoor wordt de luchtvochtigheid te hoog en wordt het ongezond door ammoniakontwikkeling, een te hoog CO₂-gehalte en dergelijke. Eigenlijk moet je ruimer kunnen ventileren. Dat pro-

bleem stelt zich minder bij -10 °C, maar wel bij 10 °C en bij 70 tot 80% vocht buiten. Marleen bevestigt dat dit het grootste deel van de tijd is. Ze zegt dat dit probleem zich ook stelt in woningen. Sjaak vertelt dat de warmtewisselaar toen werd gedimensioneerd op 33.000 m³ lucht. Hij is nu een jaar in bedrijf. De varkenshouder is erg tevreden over het systeem, maar zou de wisselaar op nog iets meer lucht dimensioneren. Er zijn toen alleen enkele incidentele metingen gebeurd. De veevoederfirma heeft toegezegd om een monitoring op te zetten, zodat hij over meer cijfers zal kunnen beschikken.

Er wordt binnenkort een soortgelijke unit ingebouwd in een biggenstal voor 7000 biggen. Zelf zouden we na het gesprek een doorontwikkeling van het systeem bekijken. Daarbij wordt de warmtewisse-

laar niet verticaal opgesteld, maar horizontaal bovenop de luchtwasser geplaatst. “De beschreven realisatie was een ter plaatse geconstrueerde luchtwasser, maar de meeste luchtwassers zitten in een module. Wanneer de lucht daarlangs naar buiten gaat, hoeft men geen druppelvanger meer te plaatsen onderaan de luchtwasser. Bovendien heb je geen extra ventilator nodig, omdat je de lucht om de buizen heen naar boven blaast.

Luchtwasser op een bedrijf in uitbreiding

Bij de VOF Bikker uit Groot-Ammers, dicht bij Dordrecht, werd recent een dergelijke luchtwasser met warmterugwinning geïnstalleerd. Floor Bikker laat ons zien hoe hij zijn bestaande stal met 8 vleesvarkensafdelingen aan het uitbreiden is met 5 extra compartimenten. Ten behoeve van de vergunning moest hij de stal van een luchtwasser voorzien. In de bestaande 8 afdelingen was er al warmterugwinning. Die ontwikkelde hij samen met Sjaak van der Linden bij het bouwen van de stal in 1983. Zijn ervaringen daarmee zijn zodanig positief dat hij absoluut opnieuw de warmte wilde terugwinnen uit de uitgaande stallucht, omdat dit hem toelaat om meer te ventileren. Dankzij de gerecupereerde warmte is de lucht die bij de varkens komt minder koud. In zijn oude systeem is er per afdeling een buizenwarmtewisselaar aan de luchttuitlaat. Maar nu moet alle ventilatielucht passeren aan de luchtwasser, waar nu dus ook de warmterecuperatie moet gebeuren. De luchtwasser met warmtewisselaar werd centraal bovenop het dak geplaatst. In het nieuwe gedeelte gebruikt hij een gerecupereerde hoofdwaterleidingsbuis met een diameter van ongeveer 54 cm als centraal aanvoer kanaal voor de stallucht. Dat was 5 keer goedkoper dan een nieuwe pvc-buis. Ook de verse lucht komt via een kanaal bij de afdelingen. In het oude gedeelte zit het luchtkanaal ingebouwd tussen het plafond van de werkgang en het dak. Een ingenieus bedachte, maar eenvoudige schuif laat hem toe de afvoer van de lucht te regelen zonder elektronische snuffjes. Gelijktijdig kan hij de luchtinvoer regelen door de ramen meer of minder te openen. De gerecupereerde warmte stuurt hij naar de jongste varkens. “Je moet zelf baas blijven en alles kunnen regelen”, is zijn motivatie. ■



© PATRICK DELEMAN

BIOLOGISCHE LUCHTWASSER MET REGENERATIE

Bij de VOF Bikker wordt het spuiwater van de biologische luchtwasser geregenereerd. In het systeem (van Robos Air) zitten lavastenen met daarop micro-organismen die het water zuiveren. Hierdoor wordt de af te voeren hoeveelheid spuiwater sterk gereduceerd. De heer Bikker koos voor dit systeem omdat hij dan geen opslagsysteem hoefde te hebben voor 300 m³ water. Hij schat dat de investeringskosten voor de reinigungsunit goedkoper zijn dan voor een wateropslag.



VOORVERWARMEN EN VOORKOELLEN MET DE BODEM

De Canadese Anne-Marie Blouin ontvangt ons onder een stralende zomerzon op haar melkgeitenbedrijf aan de machtige Saint-Laurentrivier. In de kraamstal is het meteen duidelijk dat de *puits canadiens* goed werk levert. – Marleen Gysen, innovatieconsulent

Anne-Marie startte in 2010 met *La Chèvrerie des Côtes*. Dit melkgeitenbedrijf ligt op het eiland Île d'Orléans nabij de stad Québec. De melk wordt verkocht aan een kaasmakerij. De geiten staan in een onverwarmde stal met veel natuurlijk licht. De kraamstal is geplaatst op steunpalen en ligt wat hoger in deze stal. Hij kan 100 dieren met een gewicht tot 15 kg huisvesten.

Moeilijk stalklimaat

Zowel de temperatuur als de luchtkwaliteit in de kraamstal bleken al snel na de opstart van het bedrijf problematisch. De Canadese provincie Québec kent extreme koude en lange winters, maar ook warme zomers. Jocelyn Marceau, ingenieur bij

het ministerie van Landbouw Mapaq (*ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec*), bezocht het bedrijf tijdens de zomer van 2012. Hij rapporteerde dat het in de kraamstal maar liefst 33 °C was. Er hing ook een sterke ammoniakgeur. "Niet alleen stierven vele jonge dieren tijdens de zomermaanden, ook het gewicht van de

.....

Grondbuizen hebben een eerder beperkt koel- en verwarmingsvermogen maar zijn relatief goedkoop.

.....

overige pasgeborenen nam zeer traag toe met een langere kraamperiode als gevolg", vertelt de bedrijfsleidster. Als eerste ingreep werd de ventilatie opgevoerd, maar het probleem van te hoge temperaturen bleef bestaan.

Anne-Marie zocht samen met de onderzoekers van Mapaq naar een oplossing. Als eigenares van een biologisch landbouwbedrijf hecht ze bovendien veel belang aan energiezuinige oplossingen. Op termijn wil het bedrijf zelfs volledig energieneutraal worden. Dat is geen evidentie in Québec, waar de elektriciteitsprijzen bijzonder laag zijn door de massale aanwezigheid van waterkrachtcentrales (99% van de geproduceerde elektriciteit).

PUITS CANADIEN

Een *puits canadien* (in Frankrijk ook wel *puits provençal* genoemd) is een grondbuis of aardwarmtewisselaar waardoor verse lucht wordt aangezogen, om deze in de zomer voor te koelen of in de winter voor te verwarmen. Het systeem maakt op een eenvoudige en passieve manier gebruik van ondiepe geothermie. Het wordt gemiddeld op 2 m diep in de grond geplaatst en aan de ventilatie van een gebouw gekoppeld. De buizen moeten onder een lichte helling worden gelegd. Op het diepste punt voorziet men een afvoer waar eventueel condenswater naartoe kan stromen. De samenstelling van de bodem en de lengte van de buizen zijn bepalend voor het rendement van het systeem. In vergelijking met traditionele airco- en warmterecuperatiesystemen hebben grondbuizen een eerder beperkt koel- en verwarmingsvermogen. Voordelen zijn dat de investeringskosten relatief beperkt zijn en minder energie vragen tijdens de zomermaanden. In Duitsland, Zwitserland en Oostenrijk wordt vaak gebruik gemaakt van deze techniek.



© MARLEEN GYSEN

Wanneer actieve ventilatie wordt toegepast, kan de installatie van een *puits canadien* (zie kader) zorgen voor een besparing op de energiekosten. Deze aardwarmtewisselaar maakt namelijk op een passieve manier gebruik van de warmte en koude van de grond. De binnenkomende ventilatielucht wordt in de winter lichtjes voorverwarmd en in de zomer voorgekoeld. Deze techniek is interessant voor woningen met een lage bezettingsgraad, die een eerder laag ventilatieniveau vereisen. Mapaq wilde nagaan of de *puits canadien* ook kan worden gebruikt voor een gebouw dat voor dierlijke productie is bestemd.

Ontwerp

De kraamstal meet 13 op 5 m en heeft een plafondhoogte van 2,4 m. Bij de berekeningen voor de installatie hielden de onderzoekers rekening met een maximum-

ventilatievereiste van 45 m³/uur per dier in de kraamstal. Voor een gemiddelde bezetting en rekening houdend met de koudere lucht die via de *puits canadien* de kraamstal binnenkomt, komt dit neer op een totaal ventilatiedebiet van ongeveer 2100 m³/uur. Hiervoor volstaan toevoerbuisen met een diameter van 460 mm. Het warmtewisselend oppervlak van de *puits canadien* moet goed worden gedimensioneerd. Voor een gegeven diameter zal een te korte buis niet genoeg thermische winst opleveren. Aan de andere kant zal een te lange buis niet veel extra bijdragen, maar toch het energieverbruik verhogen. Als de grondtemperatuur in de zomer bijvoorbeeld 18 °C bedraagt, dan is het haast onmogelijk om een uitgaande temperatuur van 18 °C te bekomen. Maar als het buiten 30 °C is, zijn uitgaande temperaturen tussen 21 en 23 °C ook al interessant voor het klimaat in de stal. De

onderzoekers kozen in dit project voor een rooster met parallelle buizen in pvc. Het uitgangspunt voor de dimensionering was een temperatuurgradiënt van 4 °C ten opzichte van de bodem. Door de ondergrond betekende dit een totale lengte van 38 m (diameter 200 mm). Aan de in- en uitgang is die verbonden door een collector- of toevoerbuis.

In oktober 2012 werd begonnen met de plaatsing. Echtgenoot Karl zorgde voor de graafwerken en voor de installatie van het ventilatiesysteem. De aardwarmtewisselaar werd op 10 m van het gebouw geplaatst, op een diepte tussen 2 en 2,5 m. Op deze diepte bestond de ondergrond uit schist, die eerst moest worden verbrijzeld. Dat vertraagde de werkzaamheden en zorgde voor een aanzienlijke toename van de kosten. De totale kosten bedroegen 23.600 CAD (ongeveer 17.000 euro). Hiervan ging 43% naar de buizen, 6% naar de ventilator en de elektronische regeling en maar liefst 48% naar de huur van het materiaal voor de graafwerken.

Opvolging

Bij de plaatsing van de *puits canadien* en de ventilator werden meters aangebracht om op verschillende plaatsen (buiten, in de grote geitenstal, in de leidingen, in de kraamstal) onder meer de temperatuur en de relatieve vochtigheid te kunnen registreren.

Zelfs tijdens de wintermaanden, wanneer de ventilatie op minimumstand draait en de buitentemperaturen onder - 30 °C zakken, is de lucht die de kraamstal binnenkomt altijd boven het vriespunt. Op 6 maart 2013 bijvoorbeeld was het buiten ongeveer - 20 °C. Indien de ventilatielucht rechtstreeks zou worden toegevoerd, zou een vermogen van om en bij 3 kW nodig zijn om deze lucht voor te verwarmen tot 2 °C. Tijdens de zomer werd een groot koelend vermogen vastgesteld. Van 13 tot 16 juli 2013 werden buitentemperaturen van 30 °C geregistreerd. De ventilatie draaide gedurende deze warme dagen op maximumstand. De inkomende lucht was door de *puits canadien* maar liefst 10 graden afgekoeld. In de kraamstal werd het maximaal 22 °C. Zonder dit systeem zou de binnentemperatuur minstens 30 °C bereiken, zoals in de zomer van 2012.

Tevreden bedrijfsleidster

De voordelen van de *puits canadien* voor het geitenbedrijf zijn talrijk. Het aantal



- 1 De geiten van Anne-Marie Blouin staan in een onverwarmde stal met veel natuurlijk licht.
- 2 De kraamstal staat op steunpalen en bevindt zich centraal in de geitenstal.

sterfgevallen bij de pasgeborenen is gedaald van 36% naar 6% in de winter en van 62% naar 15% in de zomer. Bovendien ligt de gewichtstoename in de kraamstal op een normaal niveau. Voordien rapporteerde het bedrijf een tekort van 1,5 tot 3 kg na 60 dagen verblijf in de kraamstal. De luchtkwaliteit is ook aanzienlijk verbeterd. Tijdens de zomer van 2012 werden ammoniakwaarden tot 25 ppm gemeten, terwijl het streefcijfer 10 ppm is. Omdat in de winter de buitenlucht te koud is, kwam de toevoer van 'verse' lucht uit de grote geitenstal. Sinds de aangebrachte aanpassingen is het ammoniakgehalte altijd onder 10 ppm gebleven, zelfs tijdens de wintermaanden, en dit zonder dat de energiekosten toenamen.

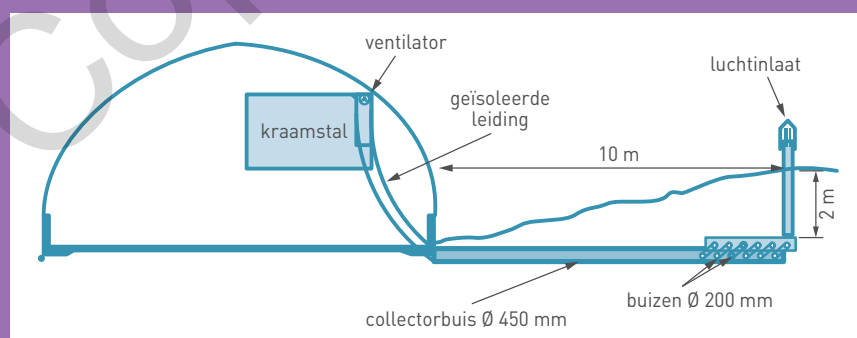
Anne-Marie is in elk geval zeer tevreden. "We hebben minder sterfgevallen en ziektes, een lagere energierekening in de winter én het is in de zomer ook voor mezelf veel aangenamer werken in de stal." Nu worden er volop plannen gemaakt om de stal nog verder energie-vriendelijk te maken. ■

De cijfergegevens verwerkt in dit artikel komen uit de studie 'Adaptation d'un puits canadien pour la ventilation d'une pouponnière en chèvrerie laitière – Chèvrerie des Côtes, St-Jean, Ile d'Orléans' van Jocelyn Marceau, Mapaq.

NETWERK ONDER DE GROND

De opening van de ondergrondse buis rechts in het schema is ook te zien

centraal op de foto op p. 32. Daar wordt de verse lucht aangezogen door



Figuur 1 Schema van de puits canadien - Bron: Mapaq

een door een thermostaat aangestuurd ventilator aan het andere uiteinde van de buis. Zowat 2 m onder de grond wordt de lucht verdeeld over een warmtewisselaar, die zich op 10 m van de stal bevindt. De warmtewisselaar bestaat uit 6 parallelle pvc-buizen van 200 mm diameter, met elk een lengte van 38 m. Vanuit de warmtewisselaar komt (afhankelijk van het seizoen) de afgekoelde of voorverwarmde lucht via een pvc-buis van 450 mm en via de ventilator in de kraamstal terecht. Om de geoptimaliseerde lucht te behouden werd het bovengrondse deel van die buis geïsoleerd.