

JAARVERSLAG 2001



Energieonderzoek
Centrum
Nederland

Afbeelding omslag

In het najaar 2002 zal de internetsite van ECN een nieuw gezicht krijgen. Door de eenvoudigere opzet is de gebruikersvriendelijkheid verbeterd en kunnen bezoekers van de site, nog sneller de gevraagde informatie van verschillende prioriteitsgebieden vinden.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Inleiding	3
Beleidsstudies	6
Energie Efficiency in de Industrie	8
Zonne-energie	11
Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving	14
Windenergie	17
Biomassa	20
Schoon Fossiel	22
Technologische Services en Consultancy	26
Nucleaire Technologie	28
Sociaal & Milieujaarverslag	30
Jaarrekening 2001	33
Leden Raad van Toezicht, Adviesraden en Management	40
Lijst van afkortingen	42

Voorwoord

Het jaar 2001 kenschetst zich als een roerig jaar. De aanslagen op het World Trade Center in New York zorgden voor een wereldwijde herbezinning op het begrip veiligheid. Daarnaast, al dan niet versterkt door de aanslagen, loopt de economie duidelijk minder voorspoedig dan in de voorgaande jaren. Beide elementen hebben ook hun invloed op ECN gehad. Daarbij zorgde arbeidsonrust bij dochter NRG voor een landelijke discussie over de veiligheid van de nucleaire onderzoeksreactor. Veiligheid heeft de volle aandacht zowel van de directie van ECN als van de Raad van Toezicht. Er zijn veel extra maatregelen genomen met het doel dat er geen enkele twijfel mag zijn over de operationele veiligheid van de reactor. In de uitkomsten van een extern onderzoek is de veiligheid van de onderzoeksreactor bevestigd. Ook de neergaande economie heeft geleid tot extra maatregelen om op kosten te besparen en inkomsten zeker te stellen. Wij hebben er vertrouwen in dat de genomen maatregelen afdoende zijn om ECN door een economische tegenwind te leiden.

Het belang van duurzame energie is inmiddels in brede lagen van de Nederlandse samenleving doorgedrongen. Het aantal huishoudens dat actief kiest voor groene stroom is in 2001 gestegen naar ongeveer 1.000.000. Voor een belangrijk deel komt dit door de stimulering van groene stroom door de Nederlandse overheid. Uit ECN studies blijkt echter dat de stimuleringsgelden voor een belangrijk deel weglekken naar het buitenland zonder dat daarvoor nieuw duurzaam vermogen gerealiseerd wordt. Deze ongewenste situatie wordt ook door de overheid onderkend. Wij hopen dat snel een pakket van maatregelen wordt genomen om de gelden die gemoeid zijn met de inkoop van groene stroom aan te wenden waarvoor ze bedoeld zijn.

De overheid heeft in 2001 haar rol en positie bij het energieonderzoek verder bepaald. Fase 1 van het project Energie Onderzoek Strategie (EOS) heeft geleid tot een notitie van het Ministerie van Economische Zaken die in november in de Tweede Kamer is behandeld. In deze notitie neemt de overheid haar verantwoordelijkheid voor het realiseren van haar doelstellingen op het gebied van duurzame energie. Hiervoor is het ontwikkelen van nieuwe technologieën en strategieën noodzakelijk.

In dit verband is het onderzoek van ECN buitengewoon belangrijk. Gezien het belang heeft de directie van ECN haar ambities verder omhoog geschroefd. Zo wordt het ECN onderzoek sterk gefocust op die gebieden die tot de top van het internationaal onder-

zoek moeten gaan behoren. Dit is tevens opgenomen in de missie van ECN die in 2001 is goedgekeurd door de minister van Economische Zaken.

Fase 2 van EOS is inmiddels gestart. Daarbij wordt de matrix ingevuld zoals die in EOS is gegeven. Deze matrix rangschikt energietechnologieën aan de hand van drie elementen: de mate van bijdrage aan de Nederlandse energiedoelstellingen, de mate van bijdrage aan de energievoorzieningszekerheid en de kennispositie van Nederland op het gebied van de betreffende energietechnologie. Met behulp van de uitkomsten van deze rangschikking zullen door het Ministerie van Economische Zaken de prioriteiten worden bepaald bij het financieren van het onderzoek. Een gevaar schuilt echter in een te rigide toepassing van de matrix. Bij de transitie naar een duurzame energiehuishouding kan ook een relatief kleine bijdrage van een technologie op korte termijn noodzakelijk zijn om de transitie te kunnen realiseren. Wij hopen dat EZ hier alert op zal zijn omdat de transitie op lange termijn uiteindelijk het doel is. In EOS wordt door EZ de suggestie gedaan om in de toekomst kennisgebieden te gaan tenderen. Deze manier van financieren zou dan in de plaats komen van instituutfinanciering. Deze weg kent vele valkuilen. Tenderen om de competitie en concurrentie te versterken is in het algemeen een uitstekend middel. Maar voor het lange termijn onderzoek zijn er veel bezwaren. Lange termijn onderzoek vereist continuïteit waarbij investeringen in kennis en technologie gaandeweg het onderzoek vaak pas na vele jaren hun rendement gaan opleveren. Discontinuïteit in de financiering ervan leidt tot fragmentatie in het onderzoek, gebrek aan consistentie en kapitaalverlies.

In maart 2002 kondigde directievoorzitter Prof. dr. Frans Saris zijn vertrek bij ECN aan. Frans Saris heeft besloten zijn verdere werkzame leven voort te zetten als decaan van de faculteit wis- en natuurkunde aan de Universiteit Leiden. Met het vertrek van Frans Saris lijdt ECN een gevoelig verlies. Met Frans als voorzitter van de directie is veel voortgang bereikt bij het verder uitbouwen van de onderzoeksactiviteiten gericht op een duurzame samenleving. Wij zijn hem voor deze belangrijke rol uiterst dankbaar. Per 1 april 2002 is Peter Wilson benoemd tot interim directie voorzitter.

De Raad van Toezicht spreekt zijn waardering uit voor de inzet van de directie en de medewerkers in dit, in vele opzichten, niet eenvoudige jaar.

Namens de Raad van Toezicht,
Prof. dr. J.C. Terlouw,
voorzitter

Inleiding

Veiligheid

De terroristische aanslagen in Amerika hebben het bewustzijn omtrent veiligheid sterk verhoogd. Als leiding van ECN zijn wij doorgestaan het jaren geleden in gang gezette beleid van continue verbetering van veiligheid te implementeren. Niet alleen is in 2001 extra aandacht gegeven aan verdere bewustwording maar ook aan de aanscherping van de procedures voor het veilig opereren van installaties. Er is het afgelopen jaar hard gewerkt aan het vernieuwen en opstellen van het regionaal rampenbestrijdingsplan in nauwe samenwerking met alle betrokken partijen uit de regio. Ook preventie speelt een belangrijke rol. Bijna-ongevallen worden nu verplicht gemeld en geregistreerd. Daarnaast stond 2001 in het teken van het behalen van het ISO 14001 certificaat. Van de grote technologische instituten is ECN de eerste die deze norm voor veiligheid en milieu heeft verkregen.

Resultaat

Door prijsstijgingen namen de bedrijfsopbrengsten in 2001 toe met 6% (M€ 6,2). Ondanks een personeelsreductie van 50 fte namen de bedrijfskosten toe met 15% (M€ 12,6). Hiervan is M€ 6,8 een incidentele last, opgebouwd uit een achterstallige arbeidsongeschiktheid verzekeringspremie (M€ 1,7) en een afboeking van een vordering van M€ 5,1 op onze pensioenverzekeraar Achmea, een bedrag dat feitelijk aan de pensioenreserve is toegevoegd. Door deze kostenstijging en slechte beleggingsresultaten ad M€ 1,9 heeft ECN in 2001 een geconsolideerd verlies geleden van M€ 8,0.

Strategische Voornemens 2001-2004

In 2001 heeft ECN een nieuw strategisch plan opgesteld. De markten voor energiebesparing, duurzame energie en schone fossiele brandstoffen zullen de komende jaren naar verwachting blijven groeien. Ook de daarvan afgeleide markten voor het energieonderzoek zullen daarvan profiteren. Gezien dit perspectief zet ECN de eerder ingezette strategie om samen met het bedrijfsleven nieuwe technologieën te ontwikkelen met kracht voort. De strategische voornemens van ECN voor de komende jaren zijn mede gebaseerd op de bevindingen van PricewaterhouseCoopers, die in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken (EZ) de doelmatigheid van besteding van de toegekende subsidie aan ECN in de periode 1997-2000 als goed heeft beoordeeld. In het strategisch plan is een nieuwe, aangescherpte missie geformuleerd.

De missie is op 16 november 2001 goedgekeurd door de minister van Economische Zaken. Om aan de ambitie uit de missie te voldoen is continue focusering van het onderzoek van ECN op de meest kansrijke



gebieden absolute noodzaak. Een eerste stap hierbij is gemaakt door concentratie van het onderzoek op zeven prioriteitsgebieden: beleidsstudies, energie efficiency in de industrie, zonne-energie, duurzame energie in de gebouwde omgeving, windenergie, biomassa en schoon fossiel. Elk prioriteitsgebied heeft een eigen strategieplan opgesteld om zich verder te ontwikkelen tot een toonaangevende beleid- en technologieontwikkelaar binnen de Europese kennisinfrastructuur. Elk van de gebieden heeft een goede uitgangspositie om bij de internationale top vijf te blijven of daartoe te gaan behoren.

Leerlingen van de Olympium School uit Heerhugowaard, VWO voor Hoogbegaafden, brengen een bezoek aan ECN.

Missie

- Met energie-innovaties voor overheden en bedrijven werken wij aan een duurzame energievoorziening. Door onderzoek en ontwikkeling dragen wij bij aan een efficiënter gebruik van energie, aan een versnelde implementatie van vernieuwbare energie en aan een schonere aanwending van fossiele brandstoffen.
- Als kenniscentrum horen wij op onze prioriteitsgebieden tot de internationale top 5. Ons werk is gericht op technologieën en kennis die op een termijn van enkele tot vele jaren kunnen worden toegepast. Wij slaan hiermee een brug tussen fundamenteel onderzoek aan universiteiten en de toepassing ervan.
- Ons onderzoek vindt plaats in een inspirerende, effectieve en op vernieuwing gerichte omgeving, waarbij zorg voor de medewerker en het milieu centraal staan.

Energie Onderzoek Strategie

Eind 2001 heeft de minister van Economische Zaken de notitie Energie Onderzoek Strategie (EOS) aan de Kamer aangeboden. In deze notitie geeft de minister haar visie op de rol van de overheid bij het energieonderzoek. Het centrale thema van het energiebeleid richt zich op de transitie naar een duurzame energievoorziening. In dat kader wil de overheid energieonder-

zoek stimuleren om een duurzame energievoorziening met waarborging van de voorzieningszekerheid dichterbij te brengen. In EOS worden drie belangrijke trends en ontwikkelingen geconstateerd:

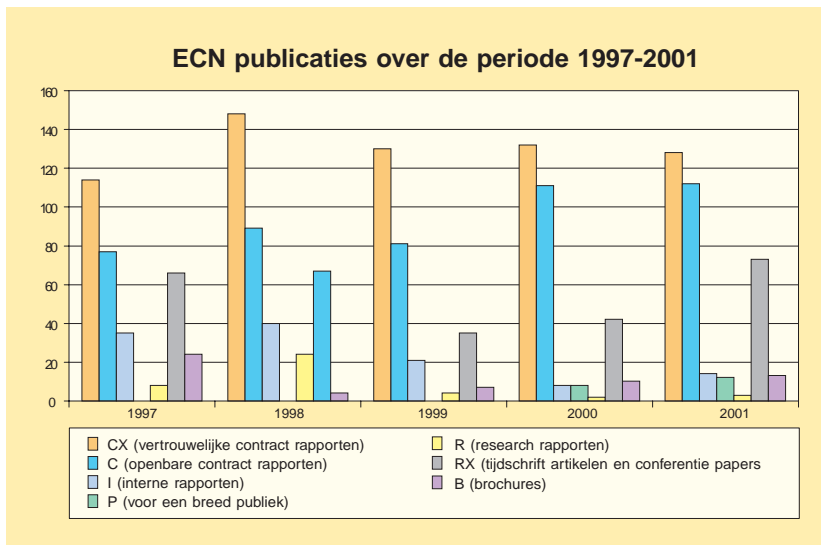
- liberalisering van de energiemarkt: in landen die eerder liberaliseerden, heeft het energieonderzoek in de markt zich meer gericht op de korte termijn en minder op de lange termijn;
- internationalisering: er vindt een verschuiving plaats van nationaal naar Europees of zelfs mondiaal onderzoek;
- veranderde positie van de overheid: de overheid verschuift zijn rol van speler op het veld naar die van regisseur.

In EOS wordt een nieuwe koers aangekondigd. Zo wordt geconstateerd dat het bedrijfsleven zich meer en meer op de korte termijn concentreert, de overheid verlegt daarom het zwaartepunt van haar rol naar de lange termijn. Daarbij wil de overheid zich (financieel) richten op een beperkter aantal onderwerpen. Het onderzoek zal meer gefocust moeten worden op die opties die het meest kansrijk zijn en de hoogste bijdrage leveren bij het oplossen van de milieuvraagstukken.

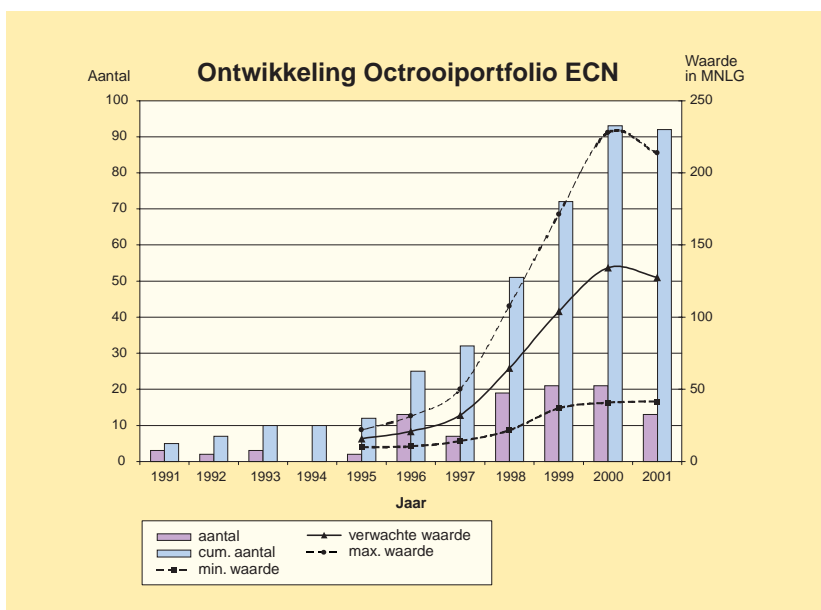
De directie van ECN constateert dat de uitgangspunten van de overheid bij het beleid op het gebied van energieonderzoek in lijn zijn met de uitgangspunten van de Strategische Voornemens 2001-2004. De uitwerking van het in EOS genoemde beleid vindt plaats in 2002. Zo zal ten behoeve van verdere focusering van het onderzoek een matrix worden opgesteld met alle mogelijke toekomstige energietechnologieën. Enerzijds wordt daarbij gekeken naar de bijdrage die een technologie levert aan de realisatie van een duurzame energiehuishouding en anderzijds naar de kennispositie die Nederland in internationaal opzicht bij deze technologie inneemt. ECN zal in 2002 al haar kennis en kunde ter beschikking stellen om deze exercitie tot een succes te maken.

Kennisoverdracht

De activiteiten op het gebied van kennisoverdracht zijn in 2001 aanzienlijk vergroot in het kader van ECN's functie van nationaal kenniscentrum op het gebied van energie. Begin 2001 is ECN gestart met het maandelijks uitgeven van een elektronische nieuwsbrief. Al bij de start bleek hiervoor grote interesse te bestaan. Inmiddels zijn er meer dan 1000 externe abonnees. ECN krijgt vaak vragen over energie uit de markt of van het publiek. Om beter in deze behoefte te voorzien heeft ECN onlangs de internetportal www.energie.nl geopend. Deze portal maakt periodieke publicaties zoals het Energie Verslag Nederland en de Energie Markt Trends interactief toegankelijk.



Figuur 1. Overzicht van het aantal ECN publicaties van de laatste vijf jaar.



Figuur 2. Ontwikkeling octrooiportefeuille 1991-2001.

Daarnaast stelt de portal databases en modellen beschikbaar en functioneert als verwijzingsbron naar alle informatie over energie in Nederland.

Uit Figuur 1 blijkt dat het totale aantal publicaties niet noemenswaardig is gewijzigd. In het kader van de sterkere internationale concurrentie en de ambitie om tot de internationale top te behoren is het belangrijk dat ECN veelvuldig publiceert in toonaangevende internationale tijdschriften. De directie zal het realiseren van dergelijke publicaties sterk blijven stimuleren.

Octrooien

Naast samenwerking met Nederlandse en buitenlandse universiteiten en onderzoeksinstituten wil ECN de positie als kenniscentrum versterken via het octrooibeleid. In het jaar 2001 werden 13 uitvindingen intern aangemeld en een viertal octrooiaanvragen officieel ingediend. Deze vier aanvragen worden elders in dit verslag nader toegelicht. Het lijkt erop dat het hoge tempo van uitvindingen, zoals dat zich de laatste jaren manifesteerde, niet kan worden vastgehouden. Daarnaast heeft een kritische evaluatie van de octrooiportefeuille geleid tot een besluit om diverse octrooien te laten vervallen. Ook moest op basis van betere inzichten in de markt en gesprekken met (potentiële)

licentienemers de waardeschatting van een aantal octrooien naar beneden worden bijgesteld. Figuur 2 toont de ontwikkeling van de octrooiportefeuille van ECN.

Human Resource Management

Energie-innovaties vormen voor jonge mensen een belangrijke reden om bij ECN te willen werken. ECN zal in competitie met andere werkgevers niet alleen deze uitdaging, maar ook de onderzoeksfaciliteiten, de ontdekkingen en de contacten met klanten moeten uitdragen. Ook in 2001 zijn er weer vele creatieve onderzoekers bij ECN komen werken. Men kan zich bij ECN goed profileren als onderzoeker terwijl ook het zicht op een verdere carrière uitstekend is door de samenwerking met universiteiten, overheden en bedrijven. Gezien de internationalisering van het onderwijs en bedrijfsleven zal ECN ook voor buitenlanders een aantrekkelijker werkgever moeten worden.

*Drs. P. Wilson,
directievoorzitter a.i.
(per 1 april 2002)*

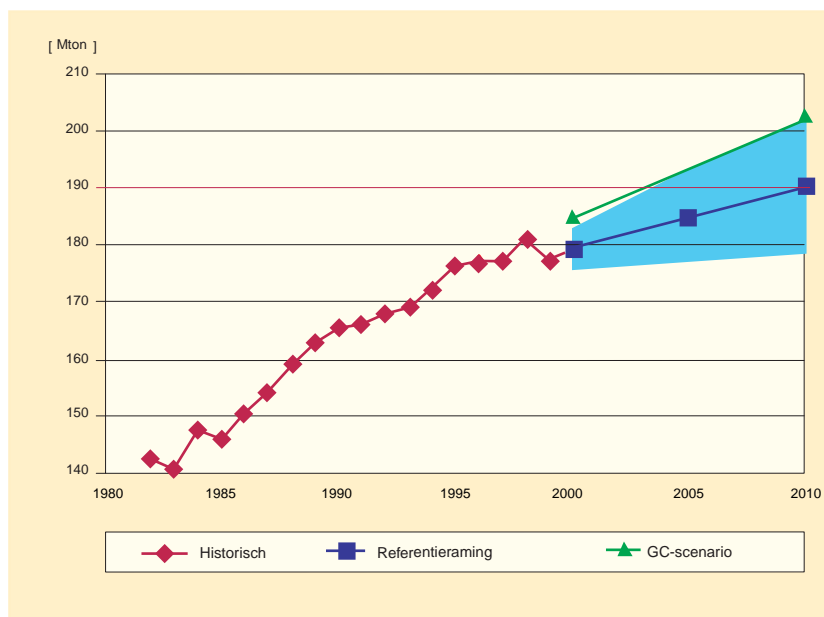
*Ir. W. Schatborn,
directeur*

Beleidsstudies

Het prioriteitsgebied Beleidsstudies richt zich op het versterken van de synergie tussen marktwerking en duurzaamheid door het geven van onafhankelijk beleidsadvies aan overheden en maatschappelijke partijen, met speciale aandacht voor integratie van nationaal, Europees en mondiaal beleid.

Zo heeft Beleidsstudies op vele terreinen voor het Ministerie van Economische Zaken een belangrijke ondersteunende rol kunnen vervullen: de referentieraming, het protocol energiebesparing en de werkzaamheden in de raamcontracten voor ondersteuning van het beleid voor duurzame energie en warmtekrachtkoppeling (WKK). Ook in de Europese beleidsruimte zijn successen geboekt, met name met betrekking tot het Europese beleid voor duurzame energie en de uitvoering van Joint Implementation-inspanningen in Oost Europa.

*Figuur 3.
Raming Nederlandse broeikasgasemissies tot 2010 (ECN/RIVM).*



Referentieraming energie en CO₂

In opdracht van EZ en VROM hebben ECN en RIVM een nieuwe raming gemaakt van de Nederlandse broeikasgasemissies tot 2010. Volgens deze raming is de Nederlandse Kyoto-doelstelling gemakkelijker haalbaar dan oorspronkelijk werd gedacht. Dit komt vooral door gunstiger omgevingsfactoren die te maken hebben met de verwachte economische groei en structuur en de import van elektriciteit.

De noodzakelijke reductie komt in de nieuwe ramingen uit op 40 Mton CO₂-equivalenten. De oorspronkelijke beleidsopgave bedroeg 50 Mton CO₂ waarvan de helft in het buitenland gerealiseerd zou worden. Omdat als gevolg van het tot nu toe vastgestelde beleid een reductie van 14 Mton CO₂ verwacht wordt, komt

daarmee de doelstelling binnen bereik. Dit vereist echter wel dat een deel van het voorgenomen extra beleid, met name het kolenconvenant en de kilometerheffing, in uitvoering genomen worden. Nederland zal in 2010 ook 11% van haar elektriciteit uit duurzame bronnen halen, zodat ruimschoots voldaan wordt aan de Europese richtlijn van 9% in 2010.

Protocol monitoring energiebesparing en analyse besparingstrends 1990-2010

Besparingscijfers zijn sterk afhankelijk van gehanteerde definities en meetmethoden. Om de monitoring en analyse van gedetailleerde besparingscijfers in Nederland op een eenduidige manier aan te pakken, is in uitvoering overleg tussen ECN, CPB, Novem, RIVM en CBS een protocol opgesteld voor monitoring van energiebesparing. Hierin zijn de regels die instituten hanteren voor het onderscheiden van volume-, structuur- en besparingseffecten in de verschillende sectoren in detail vastgelegd.

Op basis van dit protocol is gekeken naar de besparingstrends en beleidseffectiviteit in de jaren 1990-2000. Nationaal gezien steeg het energieverbruik jaarlijks met 1,5%. Dit percentage is opgebouwd uit een volume-effect van plus 3,4%, een structureel effect van minus 0,9% en een besparingseffect van minus 1,2%. Vooral de diensten- en transportsector wordt gekenmerkt door een relatief hoge verbruiksgroei en een relatief laag besparingstempo. De effectiviteit van de beleidsuitgaven voor besparingen ligt rond de 300 MJ/gulden of circa 23 €/ton CO₂. Voor de dienstensector ligt de effectiviteit een factor twee lager, voor WKK een factor twee hoger.

Lastenverdeling duurzame energie-doelstellingen in Europa

Afspraken over duurzame energiedoelstellingen in Europa roepen vragen op over de rol die de markt kan spelen bij het verlagen van de totale lasten om deze doelstellingen te bereiken en de gevolgen daarvan voor de lastenverdeling tussen landen. In opdracht van de EU is gekeken naar de knelpunten en kansen voor internationale handel in duurzame energie in samenhang met het realiseren van duurzame energiedoelstellingen. Om te komen tot kwantitatieve uitspraken over kosten en prijzen op deze markt heeft Beleidsstudies een model ontworpen. Hiermee kunnen, aan de hand van marginale kostencurven voor het duurzame energiepotentieel per land, uitspraken worden gedaan over zowel de lasten van specifieke doelstellingen per land als de te verwachten internationale marktprijzen (REBUS-model). De internationale handel kan de totale kosten met ten minste 15% reduceren. Voor individuele landen kan deze besparing oplopen tot 40%. Om deze markt goed te laten functioneren moet



ECN Beleidsstudies verzorgt algemene kennisoverdracht van resultaten en ervaringen door publicaties zoals Energie Markt Trends, het Energie Verslag Nederland en Referentieraming.

wel aan een groot aantal voorwaarden voldaan worden. Harmonisatie van nationale handelssystemen voor groencertificaten is daarbij een eerste vereiste.

Kennisoverdracht

Beleidsstudies richt zich sterk op de algemene kennisoverdracht van resultaten en ervaringen zoals opgedaan en beschreven in de vele projecten uitgevoerd met overheidsfinanciering. Daarbij speelden tot nu toe periodieke publicaties, zoals het Energie Verslag Nederland en de Energie Markt Trends, een belangrijke rol. In toenemende mate zal in de komende jaren de nieuwe internetsite www.energie.nl hierin een belangrijke rol gaan spelen. Naast presentaties op talloze bijeenkomsten binnen en buiten Nederland is Beleidsstudies ook gestart met het zelf organiseren van bijeenkomsten voor het uitdragen van resultaten en meningen over actuele beleidsvraagstukken. Hiertoe is in november een symposium georganiseerd, dat zich mocht verheugen in een brede belangstelling.

Samenwerking

Op het gebied van beleidsevaluatie en internationaal klimaatbeleid is een hechtere samenwerking met RIVM totstand gekomen. Zo is de referentieraming ter onderbouwing van het Energierapport en de Evaluatienota Klimaatbeleid gezamenlijk opgesteld en wordt er gewerkt aan een gezamenlijk te gebruiken nationaal energiemodel (PIE). De samenwerking met de IPCC Technical Support Unit van IPCC Werkgroep 3 die bij RIVM is ondergebracht, heeft vooral invulling gekregen bij het uitbrengen van het IPCC Third Assessment Report. Universitaire samenwerking vindt plaats op onderzoeksterreinen als technologie en gedrag (Universiteit Twente en Technische Universiteit Eindhoven) en flexibele instrumenten (Universiteit Groningen en Vrije Universiteit).

Voor de Europese Unie zijn, op het gebied van duurzame energie en WKK, het REBUS-model (kostencurves voor duurzame energie per land) en het IntraCert project (Integratieaspecten van verhandelbare groencertificaten) afgerond. Voor de IEA International Energy Outlook en het IEA Energy Technology Perspective is een eerste aanzet gegeven voor een tweetal technologieverkenningen. De in Europees verband opgedane kennis over groencertificaten is in opdracht van de WB naar China overgedragen en aangepast. De eerste aanzet tot overdracht van het MARKAL-model aan CSIR in Zuid-Afrika is gegeven.



Externe partners en opdrachtgevers Beleidsstudies

Naast de Ministeries en de EU als grootste opdrachtgevers, heeft Beleidsstudies op nationaal niveau vele, kleinere opdrachten uitgevoerd voor een breed scala van maatschappelijke partijen. Te noemen vallen onder meer studies voor AER, Ecooperation, Greenpeace en Novem. Internationaal gezien zijn projecten afgerond met samenwerkingspartners in Oost Europa en ontwikkelingslanden, met als opdrachtgever zowel nationale - met name Senter - alsook internationale financiers.

Energie Efficiency in de Industrie

Energiebesparing en verhoging van de energie efficiency in de industrie is één van de pijlers van het overheidsbeleid om te kunnen voldoen aan de Kyoto-afspraken. Nieuwe technologie en systeeminnovaties zijn daarbij onontbeerlijk en moeten leiden tot sprongsgewijze verbeteringen. Het ECN-onderzoek binnen het prioriteitsgebied Energie Efficiency in de Industrie richt zich op scheidingsmethoden met anorganische membranen, benutting van industriële restwarmte en nieuwe procestechnieken door combinatie van (chemische) reactie, warmtewisseling en product-scheiding.

Scheidingstechnologie

De Nederlandse procesindustrie gebruikt bijna de helft van alle energie voor scheiding van producten. Vooral een scheidingsmethode als destillatie vraagt veel energie. Deze energie-intensieve methode kan in veel gevallen worden vervangen door membraantechnieken als pervaporatie en gasscheiding. De verwachting is dat Nederland hierdoor over een periode van tien jaar 30 PJ aan energie kan besparen.

Pervaporatie

In 2001 heeft ECN de pervaporatietechniek, waarbij componenten uit een mengsel selectief verdampen over een membraan, verder ontwikkeld voor toepassing in de industrie. Sulzer Chemtech opende in Duitsland een nieuwe productiefaciliteit voor keramische membranen op basis van de door ECN gelicentieerde technologie. De membraanproductie is opgezet rondom twee robots die de membraanlagen aanbrengen en de montageverbindingen aan de membraanbuizen lassen. Eind 2002 zal in Italië de eerste installatie worden geplaatst met een membraanoppervlak van 40 m². Het onderzoek van ECN heeft zich met name gericht op de optimalisatie van de prestaties van dit specifieke membraan onder industriële condities met betrekking tot de scheidingsefficiëntie in ontwateringstoepassingen en de langeduurstabiliteit. Testen moeten nog uitwijzen of het geoptimaliseerde membraan voldoet aan alle gestelde eisen.

Op basis van deze technologie is binnen het EET-programma een project opgezet waarin de membranen

Compacte warmtewisselaar maakt destillatie zuiniger

In de petrochemische industrie gaat circa 40% van het energiegebruik op aan destillatie, een veelgebruikte scheidingsmethode voor vloeistoffen. Conventionele destillatie heeft een laag rendement. De vloeistoffen worden onder in de destillatiekolom aan de kook gebracht waarna de dampen boven in de kolom worden afgekoeld, waarbij ze condenseren. De warmte die hierbij vrijkomt kan vaak niet worden gebruikt. Er zijn veel voorstellen gedaan om dit te verbeteren, maar hiervan worden tot nu toe erg weinig in de praktijk toegepast.

In één van de bestaande patenten beschrijft een Japans consortium een destillatiekolom in de vorm van een warmtewisselaar. Hierbij wordt warmte uitgewisseld tussen de boven- en onderzijde van de destillatiekolom. Beide helften van de kolom zijn verbonden via een compressor. Deze zorgt ervoor dat de oorspronkelijke bovenzijde van de kolom op een hogere druk en temperatuur komt. Nu kan de vrijkomende warmte van de condenserende dampen worden gebruikt om de vloeistoffen in de bodem van de kolom aan de kook te brengen. Hoewel voor het maken van een drukverschil energie nodig is, bespaart de 'warmtegeïntegreerde destillatie' netto energie ten opzichte van traditionele destillatie.

Op het Japanse patent heeft Jim Hugill een variatie bedacht. Hij wil de warmtewisselaar bestaande uit pijpen binnen een mantel vervangen door een wisselaar met platen. Hierdoor wordt de warmtewisselaar compacter. Dit voldoet beter aan de huidige wens van de industrie om productie-installaties kleiner te maken bij gelijkblijvende productie. Tevens biedt het platenconcept meer flexibiliteit om tot een optimale geometrie te komen. Dit maakt de compacte warmte-wisselaar een betere optie voor integratie dan de conventionele modellen. Hugill hoopt, dat zijn vinding de weg vrijmaakt voor het integreren van alternatieve warmtewisselaars die destillatie een stuk zuiniger maken.



verder ontwikkeld worden voor (m)ethanol afscheiding. De eerste resultaten zijn veelbelovend. In verschillende toepassingen blijken de membranen met goede flux (hoeveelheid) en selectiviteit (zuiverheid) te werken. Methanolverwijdering uit een THF stroom levert een 50% energiebesparing ten opzichte van het conventionele destillatieproces (wereldwijd 3,4 PJ/jaar). Naast verdere membraanontwikkeling worden met Sulzer en TU Delft ook de toepassingen van de eindgebruikers (Lyondell, Cytec, Akzo Nobel, Quest, Purac, Unichema) onderzocht.

Gasscheiding

Voor afscheiding van waterstof blijken composiet membranen van palladium en zilver zeer geschikt te zijn. De membranen zijn in eerste instantie bedoeld voor toepassing in brandstofcelvoertuigen. Er is een speciale methode ontwikkeld om een homogene membraansamenstelling te garanderen. Die is noodzakelijk om stabiliteitsverlaging door waterstofverbrossing te voorkomen. De kennis en apparatuur hiervoor is ter beschikking gesteld aan de Universiteit van Utrecht, in het project NWO-JapanTech, waarbij ook de technische universiteiten van Twente, Eindhoven en Delft zijn betrokken. In een, deels door Novem gefinancierd, project is onderzocht welke industriële toepassingen van dit type membraan interessant zijn. Er is een overzicht gemaakt van circa 20 (petro)chemische processen. Toepassing in stoomkraken en hydrocracking is verder uitgewerkt met gedetailleerde procesberekeningen. Vooral nog vallen de resultaten voor deze toepassingen in termen van het energiebesparingpotentieel tegen. Met name het feit, dat met dit type membraan de waterstof op relatief lage druk beschikbaar komt en elders in het proces op hogere druk weer moet worden ingezet, is daar debet aan. Het op druk brengen gebeurt met dure en energie-intensieve waterstofcompressoren, waardoor de eerder behaalde winst volledig wordt tenietgedaan.

Restwarmtetechnologie

In de Europoort en het Botlekgebied komt jaarlijks circa 40 PJ aan restwarmte vrij. ECN ontwikkelt technieken om deze overtollige energie te benutten. Hiermee kan Nederland over een periode van tien jaar tenminste 15 PJ per jaar aan energie besparen. ECN richt zich vooral op de ontwikkeling van specifieke warmtepompen, die restwarmte kunnen omzetten in processtoom of koude.

Thermo-akoestische warmtepomp

In het kader van een EET-project ontwikkelt ECN een thermo-akoestische warmtepomp. Deze zet warmte om in geluid, dat wordt gebruikt om warmte op te pompen naar een hoger temperatuurniveau. In een eerste op-



Hassan Tijani controleert de opbouw van de thermo-akoestische warmtepomp.

stelling wordt in onbelaste toestand een temperatuurverschil gemeten van circa 100°C. Momenteel wordt onderzocht hoe efficiënt het vermogen kan worden geleverd. Verder zijn voorbereidingen getroffen voor de bouw van een restwarmtegedreven en een brander-gedreven testopstelling van 1 kW. Waarschijnlijk zal deze in het eerste kwartaal van 2002 worden opgeleverd. Voor de restwarmteopstelling is een meertraps-generator-unit gemaakt, die de akoestische golf beter versterkt. Voor de brander-gedreven versie bleek een stralingsbrander de beste keuze om het vermogen toe te voeren.

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) zijn berekeningen uitgevoerd aan vier verschillende geometrieën van de resonator. Uit een zorgvuldige evaluatie blijkt dat de berekeningen goed overeenstemmen met experimentele metingen. Een geometrie waarbij de diameterverandering van de resonator verloopt met de derde macht uit de lengte geeft de laagste energieverliezen.

SWEAT warmtepomp

Vaste-stof/damp-warmtepompen kunnen een grote temperatuursprong halen waardoor ze restwarmte om kunnen zetten in waardevolle processtoom of koelvermogen. Bovendien zijn de stabiliteit en de energiedichtheid hoger dan bij bestaande systemen. Het Salt Water Energy Accumulation and Transformation

(SWEAT)-systeem is een voorbeeld van een dergelijke warmtepomp die bij ECN wordt ontwikkeld. In 2001 moest een oplossing worden gevonden voor het probleem van de corrosie van de draadvin-warmtewisselaars van het systeem door het aanwezige, zeer agressieve, zout. In samenwerking met een coating-leverancier en een fabrikant van warmtewisselaars is het gelukt een coatingreceptuur in combinatie met een aanbrenstechniek te ontwikkelen die voldoet aan alle technische eisen en tegelijkertijd zeer kosteneffectief is. Dit maakt de weg vrij voor de bouw van het prototype van het systeem.

HEX-reactor

Door verschillende deelprocessen te combineren, kan een productieproces radicaal worden verbeterd. Een voorbeeld hiervan is de Heat EXchange (HEX)-reactor,

waarbij een chemische reactie wordt uitgevoerd in de kanaaltjes van een warmtewisselaar. In opdracht van Novem heeft ECN met Process Design Centre en Chemserve twee chemische processen onderzocht voor een korte termijn demonstratieproject: emulsiepolymerisatie en toluenoxidatie. Het eerste proces blijkt te complex voor toepassing op korte termijn. Wel kan Nederland hiermee 0,25 PJ per jaar besparen. Het tweede proces moet nog worden geëvalueerd. Een brede inventarisatie van toepassingen levert een lijst van de 61 geïnventariseerde processen, waarin oxidatieprocessen een belangrijke groep vormen. Deze processen zijn sterk exotherm en staan tevens bekend om hun selectiviteitsproblemen. Verdere screening heeft zes processen opgeleverd, die in 2002 zullen worden onderzocht.

Testinstallatie met 1 m² keramisch membraanoppervlak waarmee bij de (chemische) industrie de ontwatering van processtromen wordt bestudeerd door middel van pervaporatie.



Externe partners en opdrachtgevers Energie Efficiency in de Industrie

Akzo Nobel, Caldic Chemie, Corus, Cytec, Diosynth, DSM, DuPont, Lyondell, Novem, Nuon, Senter, Shell, Stork, VNCI, etc.

Zonne-energie

Het is duidelijk dat PV zich ook zonder convenant en nationaal onderzoeksprogramma zal kunnen ontwikkelen, zij het minder gericht en gecoördineerd. Het is dan ook zaak om de PV-sector op andere wijze te organiseren, zodat bottlenecks in de implementatie voldoende snel kunnen worden geïdentificeerd en opgelost. Alleen dan kan Nederland een rol van betekenis in deze mondiale groeisector blijven spelen. ECN zal zich hard maken om het enthousiasme en de inzet (ook financieel) van partijen op het gebied van PV zoveel mogelijk te behouden en desinvesteringen te beperken. Verder zal er – voor zover mogelijk binnen de randvoorwaarden van de beschikbare financiering – worden gestreefd naar verdergaande internationalisering, vooral binnen Europa, waar ECN op verschillende onderzoeksterreinen al een goede of leidende positie heeft.

De algemene doelstelling van het prioriteitsgebied Zonne-energie is het mogelijk maken en bevorderen van grootschalige toepassing op langere termijn van fotovoltaïsche zonne-energie in Nederland en daarbuiten. Dit moet vooral worden bereikt door de gebruikswaarde te verhogen, de kosten van elektriciteitsopwekking te verlagen, de kwaliteit te optimaliseren en te borgen, alsmede de integrale duurzaamheid van PV-componenten en systemen te verbeteren. Het onderzoek van Zonne-energie is op dit moment georganiseerd in de programmaonderdelen Geavanceerde kristallijn-silicium PV-technologie, Dunne-film PV-technologie, en PV-systemen.

Kristallijn-siliciumtechnologie

Toepassing van modules op basis van kristallijn-siliciumtechnologie zal de eerstkomende 20 jaar op grote schaal blijven plaatsvinden. Het ECN-programma blijft onverkort gericht op het verbeteren van de systeemprestaties en het verlagen van de kostprijs van elektriciteitsopwekking. In het jaarverslag 2000 werd al melding gemaakt van de overeenkomst met Bayer over de verdere ontwikkeling van de Ribbon-Growth-on-Substrate (RGS) technologie. Hiermee kunnen wafers worden geproduceerd met een hoge productiesnelheid (1 wafer/s) en tegen lage kosten (geen zaagverliezen en zaagkosten). Begin 2001 zijn de installaties van Bayer in Ürdingen overgebracht naar ECN. In het voorjaar zijn reeds de eerste wafers gemaakt en inmiddels zijn zo'n 40 runs uitgevoerd. De eerste resultaten zijn uiterst bemoedigend. Cellen die met ECN's baselineproces op RGS-wafers zijn gemaakt, hebben een rendement tot 8,6% gehaald. Samen met Philips is het ontwerp van een bench-scale machine afgerond. Momenteel wordt gezocht naar een partner die deze machine zal gaan bouwen.



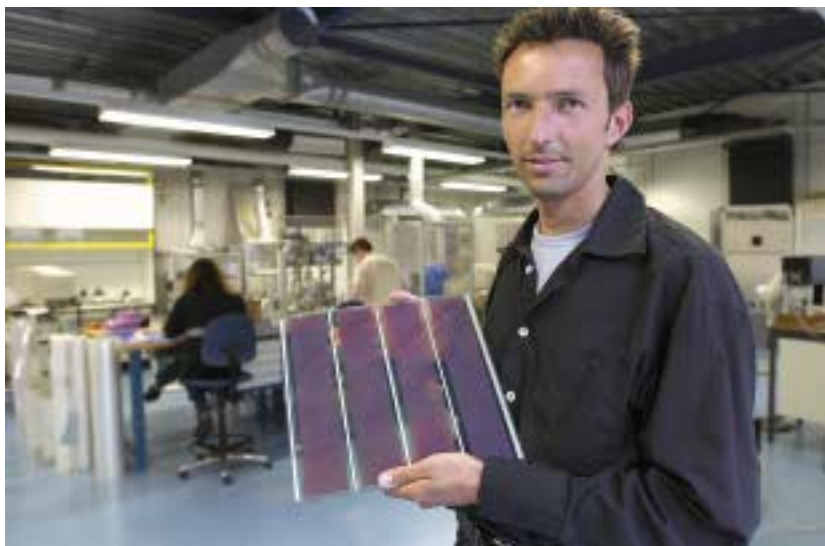
Het Europese Ace Designs project is in 2001 afgerond. Met verschillende partners (Universiteit van Konstanz, Fraunhofer-ISE, IMEC, BP Solar, Eurosolare) zijn cellen ontwikkeld waarbij alle elektrische contacten aan de achterzijde van de cel worden geplaatst. Dit project mag een groot succes genoemd worden. Alle partners bereikten met dit type cel rendementen van 16 à 17%. BP Solar zal de 'metallisation-wrap-around' technologie in productie nemen. Speciaal voor de interconnectie van achterzijdecontact zonnecellen wordt door ECN gewerkt met een geleidende epoxy. De stabiliteit van de geleidende pasta lijkt uitstekend. Tests in een klimaatkamer (2600 uur bij 85°C en 85% relatieve vochtigheid, 55 temperatuurcycli van -40 tot +80°C) laten zien dat de verbindingen onder de testcondities niet degraderen.

In 2001 is een prototype van de CoReScan gemaakt. Met dit apparaat kan de verdeling van contactweerstand en potentialen over het oppervlak van zonnecellen worden bepaald. Met deze detectiemethode zijn belangrijke resultaten bereikt bij het vinden van de oorzaken van het ontstaan van inhomogeniteiten in de contactweerstand gedurende het fabricageproces. Zo is geconstateerd dat het temperatuurverschil over de breedte van de transportband in de oven, die gebruikt wordt voor het sinteren van de metaalcontacten, aanzienlijk groter is dan gedacht (40°C in plaats van 3°C). De CoReScan is in 2001 geïntroduceerd op de beurs van de 17^e European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition in München. De belangstelling is groot. Er is inmiddels een tiental verzoeken om offertes door Sunlab beantwoord.

De eerste wafers geproduceerd met de Ribbon-Growth-on-Substrate (RGS) technologie hebben een rendement tot 8,6% gehaald.

Dunne-film PV-technologie

Cellen op basis van gesensibiliseerde oxides (waaronder kleurstofcellen) en organische (polymere) zonnecellen vormen belangrijke onderdelen in ECN's onderzoeksprogramma op het gebied van dunne-film PV-technologie. De eerste generatie kleurstof zonnecellen is inmiddels zover ontwikkeld, dat wordt gewerkt aan opschaling van het oppervlak en aan fabricage van grotere aantallen in een laboratoriumlijn. De doelstelling is het rendement van kleurstofcellen binnen enkele jaren te verhogen naar 10% (niet als record, maar als regulier resultaat), terwijl op langere termijn minstens 15% haalbaar moet zijn. Polymere zonnecellen zijn nog lang niet zover, maar door de bundeling van onderzoekskrachten in het Dutch Polymere Institute, waaraan ook ECN deelneemt, worden belangrijke thema's als rendement en stabiliteit voortvarend aan-



Paul Sommeling leidt in het kader van dunne-film PV-technologie het project 'Organische polymere zonnecellen' waarvan de eerste generatie kleurstof zonnecellen zover ontwikkeld is, dat een productie van grote aantallen in een laboratoriumlijn mogelijk is.

gepakt. Uiteraard geldt voor beide typen cellen dat ze worden ontwikkeld omdat er perspectief is dat ze andere PV-technologieën op den duur op prijs/prestatieverhouding of andere aspecten concurrentie kunnen aandoen.

In 2001 is bij ECN een belangrijk resultaat gerealiseerd met betrekking tot het celrendement van een vaste-stof kleurstofcel, gemaakt met eenvoudige technieken. Hierbij werd gebruik gemaakt van de bekende rutheniumkleurstof als sensitizer maar is de elektrolytvlloeistof vervangen door een vaste-stof gatengeleider, in dit geval CuSCN. Voor deze Ru-kleurstof/TiO₂/CuSCN-cel werd een rendement van 2% bereikt.

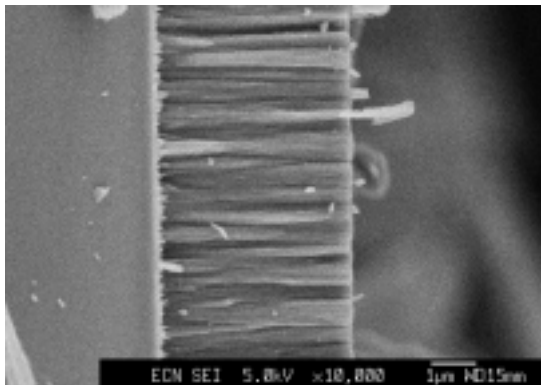
Samen met het Duitse instituut INAP, Institut für Angewandte Photovoltaik, het universitaire Freiburger Materialforschungszentrum in Freiburg en het Zwitserse bedrijf Solaronix, heeft ECN een kleurstofzonnecel

van 2,5 cm² ontwikkeld met een rendement van 8,2%. Dit is het hoogste rendement dat met dit type zonnecellen van meer dan 1 cm² is gehaald. In het laboratorium hebben de onderzoekers een fabricagemethode geoptimaliseerd in termen van reproduceerbaarheid, stabiliteit en maakbaarheid op grotere schaal. De levensduur van kleurstofzonnecellen is weliswaar nog beduidend korter dan die van siliciumcellen, maar op dit punt zijn in het afgelopen jaar belangrijke verbeteringen gerealiseerd, vooral ook door toenemend inzicht in de degradatiemechanismen. De kleurstofzonnecellen blijven volgens de huidige verwachtingen minstens vijf jaar werken. Het doel van het ECN-onderzoek is ervoor te zorgen dat ze minstens 10 jaar lang mee zullen gaan.

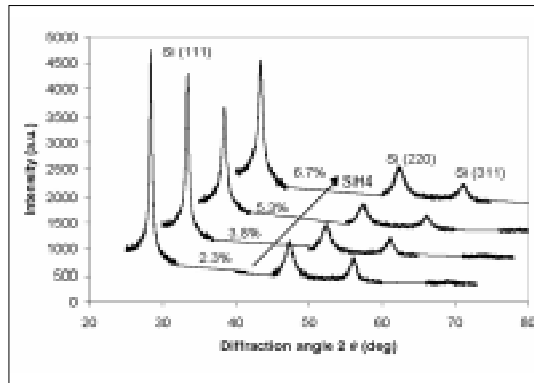
Het tweede deel van dit programma wordt gevormd door de anorganische dunne-film zonnecellen, met silicium films als belangrijke representant. In een nationaal consortium (Mission-N) wordt microkristallijn silicium ontwikkeld dat, in combinatie met het reeds breed toegepaste amorf silicium, een stabiel modulerendement ruim boven 10% mogelijk moet maken. Cruciaal voor een kosteneffectieve productie van dit microkristallijne materiaal is verhoging van de depositiesnelheid tot minimaal 1 nm/s. Het afgelopen jaar is aangetoond dat dit mogelijk is met remote microgolf plasmadepositie (MW-PECVD). Figuren 4a en 4b geven een dwarsdoorsnede van het met MW-PECVD gedeponeerde microkristallijne materiaal en een bijbehorend röntgendiffractiespectrum, dat informatie geeft over de kristalorientaties in de film. Uit verder onderzoek zal moeten blijken of dit materiaal ook geschikt is om te worden toegepast in dunne-film silicium zonnecellen.

PV-systemen

Het totale systeem van omzetting van licht naar stroom bepaalt uiteindelijk de prijs en de prestaties. Het onderzoek op het gebied van PV-systemen heeft echter een serieus imagoprobleem. Ondanks de aanzienlijke hoeveelheid zonne-energie die verloren gaat door uitval bij inverters, gebrekkige installatie en niet-optimaal systeemontwerp, wordt het steeds moeilijker om financiering te vinden voor dit deel van het onderzoek. PV-systeemtechniek lijkt tamelijk triviaal en typisch een zaak van marktpartijen. Hoewel sommige problemen zich ongetwijfeld vanzelf zullen oplossen, is het echter de vraag of men het zich kan veroorloven daarop te wachten. Bovendien maakt de systeemtechniek zo'n 50% van de systeemkosten uit. In Duitsland bijvoorbeeld zijn dit redenen om systeemtechniek tot speerpunt te verheffen. Bij ECN blijft dit onderdeel dan ook een belangrijk aandeel in het totale onderzoek houden.



Figuur 4a. Dwarsdoorsnede van microkristallijn silicium.



Figuur 4b. Röntgendiffractiespectrum van een microkristallijn silicium film.

Wanneer een PV-systeem niet optimaal functioneert, kan de oorzaak soms gevonden worden in de afzonderlijke modules. Een paneel dat geen stroom levert blijkt ongeveer 2°C warmer te zijn dan een paneel dat de zonne-energie deels omzet in elektriciteit, zoals de bedoeling is. Door thermografie, met behulp van een infraroodcamera, kunnen kleine temperatuurverschillen zichtbaar worden gemaakt. De techniek is voor dit doel in 2001 door ECN getest en zeer succesvol gebleken als instrument om snel defecten op te sporen bij de PV-modules of in andere delen van de installatie. Vooral panelen die niet zo makkelijk zijn te bereiken, liggend op hoge daken of op geïsoleerde locaties, zijn hierdoor eenvoudig te testen. De techniek is inmiddels toegepast voor analyse van het PV-systeem op het geluidsscherm van de A9, voor enkele gebouwen op het ECN-terrein en bij een nieuwbouwproject met een groot aantal vergelijkbare systemen.

Evaluatie en monitoring van de ervaringen met bestaande systemen in ontwikkelingslanden is een belangrijk instrument om systemen te verbeteren voor dit specifieke gebruik. Een programma voor technische monitoring van solar lanterns en solar home systemen in Botswana, China en Indonesië is van start gegaan. Het was daardoor mogelijk een opsplitsing te maken van de verschillende verliesposten in het systeem. Hierbij bleken beschaduwing door bomen rond het huis en stof op de modules een belangrijke rol te spelen. Verder zijn belangrijke lessen geleerd met betrekking tot het gebruik van de systemen en, in het verlengde hiervan, het optimale ontwerp van systemen.

Externe partners en opdrachtgevers Zonne-energie

EET, Energiebedrijven, Europese Commissie, Novem, overheden in binnen- en buitenland, PV-bedrijven (nationaal, internationaal), Wereldbank, en andere.



Voor deze Tibetaanse semi-nomaden in Qinghai, China, levert een enkel zonnepaneel voldoende elektriciteit voor verlichting en radio. Inmiddels hebben twee miljoen huishoudens op deze manier een betrouwbaar alternatief wanneer er geen netaansluiting mogelijk is. ECN volgt het gebruik en het functioneren van kleine zonne-energie systemen in meerdere ontwikkelingslanden. Hierdoor kan het gebruik van componenten beter onderhouden worden, en de afstelling van de accu verder verbeterd worden.

Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving

De overheidsdoelstellingen in het energie- en klimaatbeleid zijn alleen te bereiken als gebouwen efficiënter omspringen met energie en daarbij ook meer gebruik maken van duurzame energiebronnen als zonlicht en omgevingswarmte. Het prioriteitsgebied Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving (DEGO) ontwikkelt de technologie die nodig is om het aandeel duurzame energie in gebouwen substantieel te verhogen. Ook wordt aandacht besteed aan maatregelen op het gebied van energie-efficiency. Hiervoor wordt een integrale aanpak toegepast, waarbij diverse innovatieve technieken worden betrokken in het ontwerp van een nieuw gebouw, een renovatieplan of een gehele wijk. Ook ontwikkelt DEGO componenten en deelsystemen. Het onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met zowel de bouwsector en toeleverende industrie als universitaire vakgroepen.

Uitgebreid meetsysteem volgt de woning.



De bouwsector is zich de afgelopen jaren intensiever bezig gaan houden met energie-efficiency en duurzame energie. Dit komt ten dele doordat overheid en opdrachtgevers steeds hogere energieprestatie-eisen stellen aan woningen, utiliteitsgebouwen en wijken. Ook stimuleert de overheid deze markt met gerichte programma's voor bijvoorbeeld fotovoltaïsche zonne-energie (PV) en warmtepompen. De toegenomen belangstelling voor energiebesparing en duurzame energie heeft geresulteerd in meer onderzoeksopdrachten voor DEGO.

Het ambitieniveau van het DEGO-programma komt tot uiting in de doelstelling op lange termijn om toe te werken naar 'energieneutraliteit'. Energieneutraal wil zeggen dat de energiebehoefte op jaarbasis kan worden gedekt uit lokaal gewonnen duurzame energie. Deze ontwikkeling wordt gestart in nieuwbouwwoningen omdat innovatieve energieconcepten voor deze deelsector het eerst ontwikkeld en toegepast worden. Deze technologische ontwikkeling heeft een uitstraling naar andere deelsectoren: nieuwe utiliteitsgebouwen zoals kantoren, winkels, ziekenhuizen, scholen, en zwembaden, maar ook bestaande woningen kunnen hiervan profiteren.

Integrale concepten

Energieneutrale woningen

In de vier testwoningen die op het ECN-terrein staan, is in 2001 een reeks experimenten uitgevoerd met energie-efficiënte comforthandhaving en gebouwgeïntegreerde duurzame energiesystemen. De experimenten zijn gericht op het behalen van een energieprestatiecoëfficiënt (EPC) van 0,5, een halvering van het energiegebruik ten opzichte van de huidige eisen. De resultaten hiervan worden gebruikt om maatregelenpakketten samen te stellen die tot deze sterk verbeterde energieprestatie kunnen leiden, en tevens aan de randvoorwaarden voor grootschalige toepassing kunnen voldoen. De belangrijkste randvoorwaarden zijn acceptabele kosten, een goed binnenklimaat ook in de zomer, en een verbetering van de milieuprestatie over de hele levensketen van het gebouw. Het nu bereikte energieprestatieniveau is een opstapje naar energieneutraliteit. Vooral kostenverlaging van PV en betere gebouwintegratie daarvan zullen de bouw van energieneutrale woningen op grote schaal mogelijk kunnen maken. Op bescheiden schaal wordt energieneutraliteit al toegepast. Een voorbeeld is de nul-emissie woning 'De Edele Steen' in Anna Paulowna, waarvoor ECN in 2001 het energetisch ontwerp heeft uitgewerkt. In deze woning wordt de warmtevraag sterk beperkt en wordt een combinatie van duurzame energie technieken ingezet om in de resterende energievraag te voorzien. Zonnestroom via PV, een collectorgevel die voor zonnewarmte zorgt en een warmtepomp die bodemwarmte benut dragen hier gezamenlijk aan bij.

Woonwijken en bedrijventerreinen

Bij de ontwikkeling of renovatie van een woonwijk zijn er zeer goede mogelijkheden om het energiegebruik te beperken en duurzame energie maximaal in te zetten zonder dat de meerkosten hiervan groot hoeven te zijn. Twee voorbeelden van wijken waarvoor ECN dit in een energievisie heeft verwerkt zijn de Noordstrook in het Haarlemse Schalkwijk en het Nieuw Den Helder Centrum. Uit deze en vergelijkbare studies blijkt dat een reductie van het gebruik van fossiele brandstoffen in de orde van grootte van 50% in veel gevallen haalbaar is.

In 2001 is ook onderzoek verricht naar de energiehuishouding op bestaande of toekomstige bedrijventerreinen. Daarbij is aandacht besteed aan de noodzaak van nieuwe energie-infrastructuur en de wijze waarop deze kan worden geëxploiteerd. Voorbeeld hiervan is het toekomstige bedrijventerrein Boekelermeer in Alkmaar. Hier worden windturbines geplaatst en worden de bedrijven op het terrein aangesloten op restwarmte van de Huisvuilcentrale Noord-Holland. Voor alle

Waterverbruik als alarminstallatiesignaal

Het periodieke verbruik van water, gas en elektriciteit zal in de nabije toekomst worden geregistreerd door elektronische meters. Deze moderne verbruiksmeters, die in een aantal steden in Nederland al worden toegepast, geven per verbruikseenheid een elektronisch signaal (puls) af. Hierdoor kan een computerchip de momenten registreren waarop de bewoners water verbruiken, waarmee de regelmaat in het leefpatroon van de bewoners wordt vastgelegd. Een ongeval of ziekte zorgt voor een afwijking in het patroon, waardoor hulpdiensten automatisch kunnen worden gewaarschuwd. Vooral ouderen die langer zelfstandig willen wonen zijn hiermee gebaat. Ze hoeven dan geen schakelaars te bedienen of rond te lopen met een draagbare halszender.

Van de woningen in Nederland is 97% voorzien van een waterverbruiksmeter, die de komende jaren steeds meer zal worden uitgevoerd als pulsmeter. Jan Römer heeft octrooi aangevraagd op het idee een alarmin-



Jan Römer toont de aanwezigheidsdetector die de taken van de bewoners overneemt.



Waterpulsmeter als signaal voor alarmering.

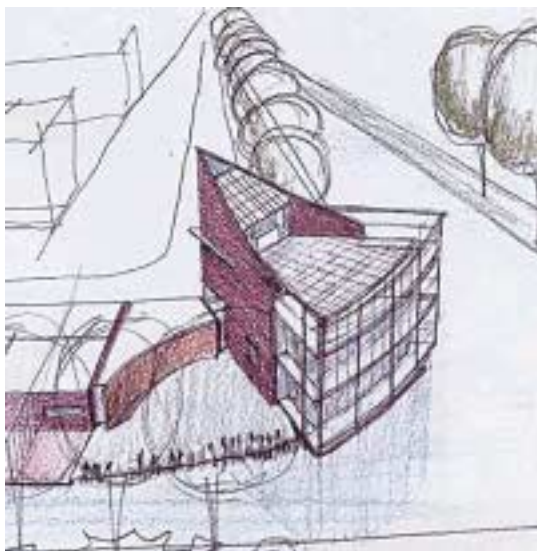
stallatie te koppelen aan een elektronische watermeter. Deze constructie is een eenvoudige uitvoering van de 'life-alert monitoring' waar ECN aan werkt. Door het door de watermeter vastgelegde verbruikspatroon te combineren met aanwezigheidsdetectie via infrarood detectoren kan het gedrag van bewoners betrouwbaar worden geregistreerd zonder gebruik te maken van camera's. Als een bewoner door ongeval of ziekte niet meer zelf een hulpdienst kan waarschuwen, zal automatisch een alarmsignaal worden afgegeven.

De huidige situatie van alarmering bij een ongeval leunt sterk op acties die de bewoner zelf moet verrichten, zoals halszenders, trekkoordjes en schakelaars. In de praktijk werkt dit niet altijd omdat senioren vergeten de zenders om te doen. Bovendien kunnen zich in de woning altijd situaties voordoen waarbij de bewoner de alarmschakelaar niet meer kan bereiken. De watermeter als signaal voor alarmering maakt acties van bewoners om zelf hulp in te roepen overbodig. Bovendien verkort deze vinding de tijdsduur tussen ongeval of ziekte en het daadwerkelijk verlenen van hulp.

bedrijven gelden hierbij verscherpte energieprestatie-eisen. Dit maakt Boekelermeer tot een van de duurzaamste bedrijventerreinen van Nederland.

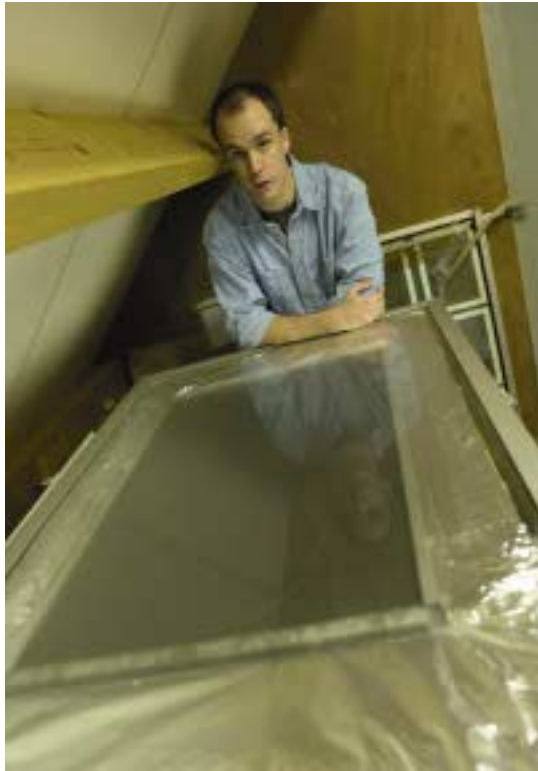
ICT-bedrijven

In samenwerking met de Milieudienst Amsterdam is bekeken hoe het energiegebruik in de ICT-sector kan worden teruggedrongen. Het blijkt dat startende telecombedrijven en internetondernemingen 20 tot 30% aan energie kunnen besparen zonder per saldo extra kosten te maken. Vooral efficiënt koelen draagt hieraan bij. De bevindingen hebben geleid tot een leidraad voor energiebesparing bij ICT-bedrijven, die de bedrijven zelf maar ook ambtenaren bij gemeenten kunnen gebruiken. Bij het verlenen van een milieuv vergunning kunnen gemeenten de bedrijven zo stimuleren om na te denken over een energiezuinig ontwerp.



Artist impression van de nul-emissie woning die gepland staat in de bouw van de nieuwe wijk 'De Edele Steen' in Anna Paulowna.

Marco Bakker geeft uitleg over het prototype 2-kanaals PVT paneel dat op dit moment getest wordt in de Ecobuild testwoningen op het ECN-terrein.



Componenten

Bodemwarmte en -koelte

Begin 2001 is het meetprogramma in de Ecobuild testwoningen op het ECN-terrein begonnen. Verschillende manieren om bodemwarmte en bodemkoelte te gebruiken worden hier getest. Dit heeft inmiddels al enkele interessante resultaten opgeleverd. Zo blijken de systemen voor koeling via de bodem goed te werken. Met name een systeem met bodemslangen gekoppeld aan een plafondkoeling blijkt geschikt voor verdere uitwerking tot een grootschalig, op de markt te brengen systeem dat voor zeer efficiënte 'duurzame' koeling in gebouwen kan zorgen. Warmte kan aan de bodem worden onttrokken door een verticale bodemwarmtewisselaar, waarbij kostenbesparing kan worden bereikt door deze te integreren in een heipaal. Door monitoringsprojecten – in samenwerking met TNO – is inmiddels inzicht verkregen in de opbrengst van deze systemen. Met name in combinatie met koeling via dezelfde heipalen is dit een zeer kosteneffectieve manier om veel energie te besparen.

Compacte warmteopslag

In de kruipruimte van een van de testwoningen is begin 2001 een waterzak geïnstalleerd. Zonnecollectoren warmen deze waterzak op tot zo'n 70°C. De in de waterzak opgeslagen warmte wordt benut voor het verwarmen van tapwater, maar kan ook worden ingezet voor ruimteverwarming. Berekend is dat de warmtecapaciteit van de waterzak verhoogd kan worden door deze te vullen met materiaal dat een fase-overgang doorloopt waarbij extra warmte wordt opgeslagen (Phase Change Material of PCM). Het realiseren van compacte warmteopslag is niet alleen belangrijk voor de verhoging van het aandeel zonne-energie in gebouwen, maar ook voor toepassing van warmtepompen en microwarmtekracht.

PV Thermisch

Succesvol is de ontwikkeling van PV Thermische (PVT) panelen. In samenwerking met Shell Solar en ZEN zijn twee proefseries PVT-laminaten geproduceerd als voorbereiding op een grotere, eerste nulserie voor een Europees project volgend jaar. De geproduceerde panelen zijn van goede kwaliteit. DEGO voert nog experimenten uit naar de maximale temperaturen die in de panelen kunnen optreden zonder de werking aan te tasten. Er is een prototype tweekanaals PVT-paneel ontworpen en gebouwd. Hiermee zijn belangrijke ervaringen opgedaan in met name de mechanische ontwerpaspecten van dergelijke panelen. De metingen in het voorjaar van 2002 moeten aantonen of de voor- en achterzijde energieopbrengst wordt gehaald.

Domotica

In de domotica-woning op het ECN-terrein wordt ervaring opgedaan met het gebruik van geavanceerde regelsystemen die bij kunnen dragen aan energieefficiëntie in woningen. Met name het regelen van ventilatie hoeveelheden aan de hand van aanwezigheid en binnenluchtkwaliteit, en het inzetten van extra ventilatie voor woningkoeling blijken tot forse energiebesparing te kunnen leiden. De marktbelangstelling voor dit soort regelsystemen is groot, met name in de sector seniorenwoningen waar combinaties met andere 'intelligente' voorzieningen zoals zorgalarmering en beveiliging mogelijk zijn. Eind 2001 is aan DEGO de 'Sprongprijs' van het NIDO (Nationaal Initiatief Duurzame Ontwikkeling) toegekend voor de uitbouw van deze werkzaamheden.

Externe partners en opdrachtgevers Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving

Aedes, BAM Wilma, Brouwer Architecten, De Vries Kozijnen, EC, Ecofys, Econosto, EET, Eneco, Gemeenten Amsterdam, Haarlem, Groningen, Alkmaar, Heembeton, J.E. StorkAir, Kropman, Limburg Kozijnen, NHP projectontwikkeling, NIDO, Novem, Provincie Noord-Holland, Nuon, Rabobank, Senter, Shell Solar, Studio E Architects (UK), TNO-Bouw, TNO-MEP, TUD, TUE, Unidek, Woningstichting Den Helder, Wooncompagnie Schagen, ZEN.

Windenergie

Het opgesteld windvermogen neemt al gedurende 5 jaar over de gehele wereld met circa 30% per jaar toe. Einde 2001 stond in de wereld 24.930 MW windvermogen opgesteld, waarvan 17.810 MW in Europa en 520 MW in Nederland. Nederland staat hiermee op de 8^e plaats in de wereld. In Nederland werd in 2001 ongeveer 50 MW toegevoegd.

Het prioriteitsgebied Windenergie wil een bijdrage leveren aan het behalen van zowel nationale als internationale doelstellingen met betrekking tot de plaatsing van windenergiesystemen door het verrichten van onderzoek. Dit is gericht op kostenverlaging, waardeverhoging van windelektriciteit, rendementsverhoging, vergroting van het maatschappelijk draagvlak en het wegnemen van onzekerheden in de gehele toepassingsketen van windturbines.

Wind & Golven

Het ENGINE-project 'Aanbodvoorspellers voor duurzame energie', dat als doel heeft het windenergieaanbod tot 48 uur van tevoren te voorspellen, heeft een werkend prototype aanbodvoorspeller opgeleverd. Anders dan de modellen die in het buitenland worden ontwikkeld, wordt zowel het aanbod windenergie als zonne-energie beschouwd. Momenteel is deze aanbodvoorspeller de enige die op kwartierbasis voorspellingen van windvermogen in Nederland produceert.



Windpark in Costa Rica waar ECN een resource assessment uitvoert.

Voor diverse projecten in complex terrein, zoals op Sri Lanka, in Costa Rica en Spanje, zijn resource assessments uitgevoerd. Op basis van de gemeten data zijn nauwkeurige lange termijn windregimes ter plaatse van – geplande – parken bepaald. Hiermee worden de gemiddelde energieopbrengst en de belastingen op de windturbines berekend.

Aërodynamica & aëro-elasticiteit

Het onderzoek is gericht op verbetering van rekenmodellen (modelvorming en validatie) ten behoeve van ontwerpprogrammatuur, de toepassing daarvan alsmede

op de ontwikkeling van diagnosetechnieken die gebruikt kunnen worden voor het verhogen van de energieopbrengst van grote turbines. Op het gebied van modelontwikkeling en validatie staat het EU/Novem project MEXICO (Model Experiments in Controlled Conditions) centraal, waarin via windtunnelmetingen de fundamentele aërodynamische modellen o.a. scheefstand, getoetst worden.



Luchtopname van een windturbine nabij ECN waar stall flag experimenten worden uitgevoerd. Rechts lichtsporen van stall flags tijdens een meting aan de BONUS 300 kW turbine.



Daarnaast wordt in het Novem project STABTOOL, vooral het voorspellen van de aëro-elastische stabiliteit van grote rotorbladen een stap verder gebracht. Wat betreft toepassing kan melding gemaakt worden van het ontwerp (samen met Polymarin) van het DEWIND D80 blad (2 MW turbine), en de ontwerpberekening aan het Smart Tower concept. Er werd een belangrijke mijlpaal bereikt rond de 'stall flag' diagnose techniek in de vorm van een academisch proefschrift van één van de medewerkers [Corten, G.P., Flow Separation on Wind Turbine Blades, Universiteit Utrecht, 2001]. Met deze techniek wordt het overtrekgedrag van windturbines tijdens bedrijf zichtbaar gemaakt, zodat optimalisatie van de vermogenskromme mogelijk is, bijvoorbeeld door de toepassing van wervelgeneratoren. Dit kan binnen een wezenlijk kortere periode dan met de tot nu toe gangbare technieken het geval is.

Concepten en Ontwerp

In het kader van de 'Dutch Offshore Wind Energy Converter' (DOWEC) wordt een 6 MW offshore turbine ontwikkeld (rotordiameter 129 m). De nagestreefde doorbraken in dit project zijn de grote opschalingsstap – via een 3 MW tussenstadium – en de overgang naar de omstandigheden buitengaats. Maar in plaats van één, worden er in het tussenstadium twee demonstratie-windturbines gebouwd en getest. De eerste turbine – circa 3 MW – vervult de rol van de oorspronkelijke

testturbine, terwijl de tweede een meer commercieel karakter krijgt. Door de hierdoor ontstane duidelijkheid is de voortgang sterk verbeterd. Inmiddels is uit de conceptstudie een referentieontwerp geselecteerd en gedimensioneerd op basis van de belastingen op de constructie.

Samen met de unit Beleidsstudies werd een systeem ontwikkeld voor het letterlijk in kaart brengen van de kosten voor offshore windenergie op het Nederlandse deel van het continentaal plat. Dit 'Offshore Wind Energy COst and Potential' (OWECOP) programma is in 2001 verbeterd en verder gedetailleerd. De uitbreiding betreft met name de modellering van het transport en installatie van windturbines op zee en het windaanbod. Het model bevat nu meer dan 100 parameters, variërend van type turbine tot park lay-out en economische levensduur. Met het programma kan nu een betrouwbare relatieve integrale schatting gemaakt worden van windenergie, opgewekt op zee. Daarnaast is ook een probabilistische versie van het programma beschikbaar.

Operationele Techniek & Systemen

Toekomstige grote windparken, bestaande uit een groot aantal turbines, moeten als één elektriciteitscentrale beheerd worden. Indien de toegankelijkheid van de installatie goed is, kan een installatie een hoge beschikbaarheid hebben omdat bij problemen snel in-

gegrepen kan worden. Op zee, waar de toegankelijkheid veel slechter is dan op land, kunnen inadequate O&M procedures leiden tot groot verlies aan beschikbaarheid en energieopbrengst, zelfs bij hoge betrouwbaarheid.

Voor een efficiënte bedrijfsvoering van een offshore windpark is het nodig om een specifieke onderhoudsstrategie te ontwikkelen. Hiervoor is o.a. kennis nodig over het faalgedrag van de turbines, de inzet van schepen en andere aanlandingsystemen en de weerscondities (wind, golven, mist, bliksem) op de locatie van het windpark. Om met deze kennis een optimaal onderhoudsconcept te ontwikkelen moet gebruik worden gemaakt van een kostenmodel dat rekening houdt met de onzekerheid van de gegevens, een zogenaamd 'probabilistisch kostenmodel'. In het ENGINE-project 'Bedrijfsvoering van grootschalige offshore windparken' werd zo'n probabilistisch kostenmodel ontwikkeld en ingezet voor het ontwikkelen van een onderhoudsstrategie voor het Near Shore Windpark. Met het kostenmodel kan ook de schade ten gevolge van bliksem worden bepaald, een fenomeen waarvan men denkt dat het enorme invloed zal hebben op het financieel rendement van een offshore windpark.

Voor het verkrijgen van inzicht in het faalgedrag van turbines is de afgelopen jaren door ECN samen met Baas en Roost Maintenance Consult de Maintenance



*Met het door ECN ontwikkelde probabilistische kostenmodel voor de onderhoudsstrategie van het Near Shore windpark, is een stap gezet naar een meer efficiënte bedrijfsvoering van grote windparken op zee.
Bron: Ballast Nedam*

Manager ontwikkeld. In het project 'Grootschalige Implementatie Maintenance Manager' werd de demo-versie van de Maintenance Manager (MM) uiteindelijk ontwikkeld tot een versie die gebruikt kon worden voor het beheersen van het dagelijks onderhoud van grootschalige offshore windparken. In het project werd de MM geïmplementeerd bij de serviceafdeling van Lagerwey the Windmaster.

Ook is onderzocht of het aanpassen van de regeling en besturing van de offshore turbines ten opzichte van wat gangbaar is bij onshore turbines, invloed heeft op de bedrijfsvoering van een offshore windpark. Dit heeft geleid tot een aantal aanpassingen zoals verbetering van de diagnostiek, het afhandelen van fouten en storingen, het verlagen van constructiebelastingen en het aanpassen van het nominaal vermogen voor betere prestaties van het gehele windpark.

Meten

Met de zeer snelle groei van het windvermogen in Europa neemt ook de vraag naar meteorologische (en hydrologische) metingen toe voor het bepalen van het lokale windenergiepotentieel en externe ontwerpcondities. Voor het Near Shore Windpark NSW bij Egmond aan Zee is door ECN een ontwerp van het totale meetsysteem gemaakt. Dit meetsysteem is onderdeel van het Meet- en Evaluatieprogramma MEP. Er is een ontwerp gemaakt voor drie verschillende consortia die op de NSW-tender hebben ingeschreven.

Speciale projecten

In de Wieringermeer wordt een testpark gerealiseerd voor het onderzoek aan zeer grote windturbines en aan windturbineparken. Samen met 19 omwonende agrariërs heeft ECN de commanditaire vennootschap 'ECN Windturbine Testpark Wieringermeer CV' opgericht. Als behorend vennoot treedt op de door ECN opgerichte onderneming 'ECN Wind Energy Facilities'. Deze zal het testveld gaan beheren. In 2001 werd de milieuvergunning verkregen en kon een aanvang wor-

den gemaakt met de aanleg van de 50 kV verbinding met het onderstation Westwoud. Het testveld krijgt de beschikking over 4 fundaties waar turbines tot 5 MW beproefd kunnen worden, alsmede een windpark met 5 turbines van 1,5 à 2 MW, ten behoeve van onderzoek aan windparken.

Op het testveld zullen twee soorten activiteiten worden uitgevoerd. Windturbinefabrikanten kunnen een overeenkomst sluiten met de CV voor het plaatsen en (laten) testen van grote prototypen, en ECN zal het testveld gaan gebruiken als een belangrijke experimentele faciliteit voor haar onderzoek.



Samen met de TU-Delft ontwerpt ECN een nieuw laboratorium voor het uitvoeren van vermoeingsproeven op grote windturbinebladen. Het nieuwe laboratorium, dat met financiële steun van het ICES-KIS programma en de provincie Noord Holland wordt gerealiseerd, is geprojecteerd in de gemeente Wieringermeer. In 2001 kwamen het businessplan en ontwerp van het gebouw gereed.

*Het vermoeingslaboratorium
Windmaterialen en
Constructie groep.*

Externe partners en opdrachtgevers Windenergie

Baas en Roost, CORUS, CRES (Griekenland), Ecofys, Ecotécnia (Spanje), ESSENT, KEMA, KNMI, Lagerwey the Windmaster, MARIN TUDk (Denemarken), NASA (USA), Nederlands Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, NegMicon Nederland, Novem, NREL (USA), NRG, NS-Railinfrabeheer, NUON, Riso National Laboratorium (Denemarken), Siemens Nederland, Stentec, TNO-MEP, TU Delft, Universiteit Oldenburg (Duitsland), Universiteit Wageningen, Wind Constructors International.

Biomassa

In het streven naar een duurzame samenleving is een belangrijke plaats weggelegd voor biomassa als energiebron en als olievervangende grondstof. Het ECN-programma Biomassa wil door advisering, onderzoek, ontwikkeling en demonstratie bijdragen aan de verantwoorde inzet van biomassa en afval in een duurzame energievoorziening. De activiteiten zijn erop gericht aan de nationale doelstelling met betrekking tot de inzet van biomassa en afval te voldoen.



Biomassa heeft de toekomst.

Decentrale verwerking

Decentrale verwerking van biomassa en afval met als resultaat elektriciteit en warmte heeft een aantal voordelen ten opzichte van centrale verwerking: energiebesparing door lagere transportkosten, lagere transportemissies en lagere investeringen in het elektriciteitstransportnet. Voor integrale biomassaverwerking tot ca 30 MW_{th} heeft ECN in nauwe samenwerking met turn key leverancier HoSt een 0,5 MW_{th} circulerend wervelbedvergasser 'BIVKIN' (CFB) met gasreiniging 'GASREIP' ontwikkeld. Het geproduceerde stookgas dat minder dan 1 mg stof per m_n³ bevat en vrij is van zware teren, is met succes gedurende 85 uur getest in een 85 kW_e gasmotor. Gebaseerd op deze ervaringen bouwt HoSt een vergasser met beperkte reiniging in Roemenië met zonnebloemenkaf als brandstof en in

Bermgras: geen afval, maar brandstof.



Friesland met kippenmest als brandstof. ENECO heeft het voornemen een kleinschalige biomassavergassingsinstallatie te realiseren die bestaat uit een CFB-vergasser, een natte reiniging en een vergasser/generator.

Een laboratoriumvergasser is ingezet voor het beproeven van biomassa stookgas in een SOFC brandstofcel. De gasreiniging vindt in twee stappen plaats: op ppm-niveau en vervolgens op ppb-niveau. Deze Proof Of Principle test is uitstekend geslaagd. Testen op grotere schaal worden voorbereid.

De tweetrapsvergasser 'TREPKA' is met succes ingezet voor het terugwinnen van broom uit kunststofafval dat broomhoudende vlamvertragers bevat. Ook is met deze installatie aangetoond dat uit electronicschroot en autoschredderresidu niet alleen energie te produceren is maar ook metalen teruggewonnen kunnen worden.

De 350 kW_{th} wervelbedverbrandingsinstallatie 'NARGUS' heeft laten zien dat verbranding van een gecoat (afval)materiaal een waardevolle grondstof oplevert. Kennis over decentrale afval- en biomassaverwerking zal in 2002 worden ingezet voor een studie naar de 'Duurzame Stad' waarbij het uitgangspunt is dat op wijk-/stadsniveau de input van drinkwater en energie en de output van reststoffen geminimaliseerd worden.

Groene diesel

Eind 2001 heeft ECN met Shell voor het eerst ter wereld de productie van 'groene diesel' uit biomassa gedemonstreerd. In het kader van een gezamenlijk SDE-project is in de zomer van 2001 een kleine proefopstelling van Shell geïnstalleerd in Petten.

Deze installatie is gekoppeld aan een biomassavergasser van ECN, waarin wilgenhout wordt omgezet in gas (biosyngas). Dit gas bestaat voornamelijk uit koolmonoxide en waterstof. De proefopstelling van Shell maakt hiervan via de Fischer-Tropsch synthese lange koolwaterstoffen, een soort paraffinewas. Dit kan vervolgens worden gekraakt tot diesel die geschikt is voor direct gebruik in bestaande motoren van auto's en vrachtwagens. In december 2001 is een duurtest uitgevoerd, waarin de reactor gedurende 150 uur de eerste 'groene' brandstoffen uit gereinigd biosyngas produceerde.

Het principe van de Fischer-Tropsch synthese is op zichzelf al vrij oud. Het werd op grote schaal toegepast in Duitsland tijdens de Tweede Wereldoorlog om benzine te produceren en later in Zuid-Afrika tijdens de olieboycot. De integratie van een biomassavergasser en een Fischer-Tropsch reactor is echter een noviteit,

omdat het gas voor de synthese wordt geproduceerd uit biomassa en niet uit kolen of aardgas. Dit biedt grote voordelen omdat biomassa CO₂ neutraal is: het draagt niet bij aan de toename van het broeikas effect zoals dit wel het geval is bij fossiele brandstoffen. Bijkomend milieuvoordeel van de groene diesel is dat het, in tegenstelling tot fossiele diesel, nagenoeg geen zwavel of aromaten bevat waardoor de verbranding schoner is.

Diermeel

Sinds de gekke-koeienziekte en de MKZ-crisis in Europa is er ongeveer 300 miljoen kilo diermeel opgeslagen in Nederland. Vanwege de Europese regelgeving mag dit, in ieder geval tijdelijk, niet meer in diervoer worden verwerkt. Minister Brinkhorst van Landbouw heeft in 2001 diverse elektriciteitscentrales en de cementindustrie gevraagd het diermeel te verbranden. Het meestoken van diermeel in kolencentrales lijkt de meest praktische oplossing om op korte termijn het opgeslagen diermeel weg te werken. Op deze manier wordt de verbrandingswarmte benut om elektriciteit op te wekken.

Diermeel is in principe geschikt om naast kolen te worden meegestookt in kolencentrales. Ook kan het als brandstof in speciale verbrandingsinstallaties worden gebruikt. In diermeel zitten echter vluchtige en minerale elementen die het proces negatief kunnen beïnvloeden. Zo heeft ECN geconcludeerd dat hoge concentraties alkalische metalen en chloor voor operationele problemen kunnen zorgen in het hele traject vanaf de verbrandingsketel tot aan de schoorsteen en asafvangst. Binnen het kader van een lopend EU-project zijn materialen uit een commerciële installatie bestudeerd, zoals materiaal uit een verstopt rookgaskanaal. Onder de elektronenmicroscopie werd geconstateerd dat de afzetting is ontstaan door vorming van langwerpige kristallen kalium- en natriumsulfaat waarna vlieggas niet meer vrij kon doorstromen met als gevolg een totale verstopping. Ook de komende jaren wordt onderzoek verricht bij ECN om het gebruik van diermeel als brandstof te optimaliseren en problemen zoals afzettingen en corrosie te voorkomen.

Gezuiverd water, fijnchemicaliën en groene stroom via algenteelt

In het kader van een EET-project is in het voorjaar van 2001 een experimentele fotobioreactor in gebruik genomen waarmee, in samenwerking met R&D-instellingen en -bedrijven, de mogelijkheden van algenteelt worden onderzocht. De reactor staat op het dak van een kantoorgebouw in Petten. Algen groeien in waterig milieu en zetten eenvoudige anorganische stoffen (N, P, CO₂) met behulp van zonlicht om in nuttige



Via de Fischer-Tropsch synthese 'groene diesel' uit biomassa en afval.

producten. Ook kunnen ze rookgassen en afvalwater biologisch zuiveren. De productie van algen ligt twee tot vijf keer hoger dan bij traditionele landbouwgewassen of energieteelten het geval is. Daarnaast kunnen algen stikstofverbindingen en fosfaat verwijderen uit afvalwater en CO₂ en NO_x uit rookgassen halen. Uit de algenmassa kunnen verder waardevolle ingrediënten worden gewonnen voor onder andere voeding en cosmetica; de restbiomassa kan worden ingezet als biobrandstof voor duurzame energieproductie.

In een eerder project bij Suiker Unie in Dinteloord werkte een bioreactor van 30 liter bij de reiniging van rookgassen en afvalwater naar behoren. In het kader van een EET-project heeft ECN nu een experimentele bioreactor van 60 liter in de buitenlucht geplaatst, waarin de algen onder realistische condities groeien. Een geselecteerde algensoort die hoogwaardige vetzuren produceert is in 2001 gedurende negen maanden met succes gekweekt. Het systeem werkt probleemloos en wordt gebruikt voor een uitgebreid meetprogramma.

Doel is het optimaliseren van de productiviteit en de ontwikkeling van een model om het effect van het wisselende zonlichtaanbod en andere klimatologische variabelen op de algenteelt in kaart te brengen. ECN ontwikkelt de bioreactortechnologie om voor ontwerpers de ideale omstandigheden voor de algenteelt te bepalen: een maximale productiviteit van de algen en een hoge kwaliteit van het product. Uitvoering van een systeemevaluatie zal in 2002 plaatsvinden. Eind 2002 wordt het EET project afgerond. Op basis van de resultaten en de industriële belangstelling zal het algenteeltprogramma worden voortgezet in de vorm van een pilotfase.

Externe partners en opdrachtgevers Biomassa

Aarding, ABC, ATO, BTG, CIEMAT, Demkolec, Ecofys, EGKS, Eneco, Essent, Gastec, Gasunie, GDA, HoSt, Kaltschmitt, KEMA, Nedalco, Novem, NPCC, Nuon, Rabobank, SDE, Shell, TNO, TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente, Universiteit Wageningen, Volkswagen, Volund, VTT.

Schoon Fossiel

Binnen ECN zet het prioriteitsgebied Schoon Fossiel zich in voor het gebruik van fossiele brandstoffen met het hoogst mogelijke energierendement en de laagst mogelijke milieubelasting. Hiervoor ontwikkelt ze kennis en technologie voor overheid en bedrijfsleven. De activiteiten worden verdeeld over vier gebieden of clusters: micro-warmtekracht, brandstofcelvoertuigen, klimaatneutrale energiedragers en energie- en milieukwaliteit.

Microwarmtekracht

Met een micro-warmtekrachtsysteem (WKK) kan een huishouden zelfstandig stroom en warmte produceren. Het besparingspotentieel van een dergelijk systeem loopt uiteen van 10% voor Stirling tot 20% voor brandstofcellen. Met deze technieken stoot een gemiddeld huishouden 15 tot 25% minder CO₂ uit. Hiernaast zorgt een WKK-installatie voor minder NO_x-uitstoot en in het geval van brandstofcelmicro-WKK wordt de emissie zelfs tot nul teruggebracht. Wel is het belangrijk dat het totale rendement van het systeem hoog genoeg ligt: komt dit onder de 95% dan wordt gescheiden opwekking van elektriciteit (uit het net) en warmte met een HR-ketel als alternatief kosteneffectiever. De overheid kan de technologie ondersteunen via EPA, EPN en REB om de marktintroductie extra te stimuleren. Voor Nederland is op initiatief van Cogen en ECN het platform 'Locogen' opgericht. Dit platform wil een actieve rol gaan spelen bij het wegnemen van marktbarrières in de regelgeving.

De SAM als testobject voor een aandrijfsysteem met brandstofcellen.



Veldtesten

In 2001 zijn in opdracht van Enatec (een consortium van Eneco, ATAG en ECN) tien Stirlingmotoren gebouwd, die ATAG heeft ingebouwd in een tiental WKK-systemen. In februari 2002 is een veldtest met deze systemen van start gegaan, waaruit waardevolle gegevens over de besparingen in de praktijk zullen komen.

Bij de WKK-systemen met brandstofcellen van het type SOFC hebben de inspanningen geleid tot een aanzienlijke kostenreductie van 23%. Sulzer zal de onderzochte SOFC cellen in een systeem inbouwen, dat in 2002 bij een veldtest bij ECN zal worden beproefd.

Een derde WKK-systeem gebruikt brandstofcellen van het type PEMFC. Voor dit systeem is een betrouwbare, compacte en goedkope ontzwavelingsunit nodig. In 2001 is de eerste stap hiertoe gezet, er is namelijk een zwavel absorbers gevonden dat in vergelijking met het tot op heden veel gebruikte actieve kool een veel grotere opnamecapaciteit heeft.

Door ECN is een nieuw stackdesign ontwikkeld dat in een PEMC-stack van 2 kW, die zeer goed presteerde, is gevalideerd. Het Deense bedrijf IRD heeft dit ontwerp van ECN inmiddels succesvol toegepast.

Het katalysewerk van de afgelopen jaren aan selectieve CO-verwijdering heeft inmiddels zijn vruchten afgeworpen: Shell heeft de bij ECN ontwikkelde Selox-reactor geïntegreerd in haar aardgasgestookte fuel-processor (de MIP). Deze MIP's worden inmiddels bij ECN langdurig getest.

Brandstofcelvoertuigen

Op basis van brandstofcellen houdt Schoon Fossiel zich bezig met de ontwikkeling, praktijkproeven en marktintroductie van schone voertuigen. Daarmee kan een belangrijke stap worden gezet in het terugdringen van de uitstoot aan NO_x, fijn stof, koolwaterstoffen en geluid. In 2001 zijn de effecten van brandstofcelvoertuigen op de uitstoot van broeikasgassen en fijn stof beschreven in een literatuurstudie. Hieruit bleek dat bussen en vrachtwagens, die met brandstofcellen zijn uitgerust, voor een drastische reductie van de uitstoot kunnen zorgen. Om de door ECN ontwikkelde brandstofceltechnologie in de praktijk uit te testen is een 'SAM', een klein en simpel elektrisch voertuig aangeschaft, dat in 2002 wordt voorzien van een aandrijfsysteem met brandstofcellen.

Groene Vespa

In 2001 werd gestart met het Europese FRESCO-project, waarin met de Italiaanse scooterfabrikant Piaggio wordt gewerkt aan een emissievrije scooter. Schoon Fossiel ontwikkelt hiervoor de elektrische energievoorziening die zal bestaan uit een brandstofcelstapeling en een supercondensator. Brandstofcellen zetten waterstof met behulp van zuurstof om in elektriciteit. Deze elektrische energie gaat deels direct naar de elektromotor en wordt deels opgeslagen in de supercondensator. De opgeslagen energie dient als extra vermogen om te accelereren. Sinds het najaar van 2001 werkt ECN met Umicore aan een supercondensator met een hoog vermogen die tevens veel energie kan opslaan. ECN heeft nieuwe materialen (EMX-1) ontwikkeld voor de elektrodes. Hierdoor kunnen dickere elektrodes worden gemaakt, wat gunstig is voor de capaciteit. Naast technische voordelen kent EMX-1 niet de milieubezwaren van het materiaal (nikkel) dat het kan vervangen.

Watergas-shiftreactor

In opdracht van Shell is er in 2001 gewerkt aan de ontwikkeling van een geavanceerde watergas-shiftreactor. Dit is een onderdeel van een met benzine gevoede brandstofprocessor voor mobiele toepassingen. De thermische massa van de shiftsectie werd teruggebracht. Door een alternatief reactorconcept werd de dynamica van de omzetting met conventionele katalysatoren met een factor vier verbeterd terwijl de opstarttijd werd gehalveerd. In de tweede helft van 2001 is tevens eigen ECN-onderzoek gedaan naar alternatieve watergas-shiftkatalysatoren. Het blijkt namelijk dat bestaande katalysatoren niet geschikt zijn voor toepassing voor vervoer. Ze zijn niet actief genoeg en zijn bovendien te gevoelig voor vocht en zuurstof. Het onderzoek naar nieuwe watergas-shiftkatalysatoren vormt een goede aanvulling op de al ontwikkelde technologie voor syngasproductie door Shell en de technologie voor CO-verwijdering dat ontwikkeld is bij ECN.

Klimaatneutrale energiedragers

Waterstof

In 2001 is een aantal ketenstudies uitgevoerd naar de voordelen van het gebruik van waterstof als energiedrager. Hieruit blijkt dat het bijmengen van waterstof in het aardgasnet weinig voordelen biedt, tenzij de bij de waterstofproductie gevormde CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen. Een decentrale waterstofproductie en distributie via een lokale infrastructuur kunnen, dankzij rendementsverbetering, wel zorgen voor een verlaagde CO₂-uitstoot. Voorwaarde is wel dat de



Het luxe model scooter van Piaggio, de X9, hier nog in de uitvoering met een 4-takt verbrandingsmotor. Piaggio en Selin Sistemi uit Italië, CEA uit Frankrijk en ECN werken samen in het Europese project 'FRESCO' om de X9 een emissievrije aandrijving te geven. ECN ontwikkelt hiervoor de brandstofcel en de supercondensator. Het eerste prototype scooter zal in 2004 door Piaggio worden getest.

waterstofproductie kan plaatsvinden met een voldoende hoog rendement (80 tot 85%). Ook moet de waterstof op de juiste manier worden omgezet in warmte en elektriciteit door de inzet van bijvoorbeeld PEMFC-systemen in de juiste vermogensklassen. De noodzaak voor een flexibele en efficiënte reformertechnologie wordt bevestigd door de specifieke studies naar waterstof voor woonwijken en voor autobussen in Amsterdam.

Afvangst en opslag van CO₂

Technieken voor afvangst van CO₂ zijn beschikbaar maar vooralsnog te duur. Bovendien verbruiken deze technieken onnodig veel energie. ECN ontwikkelt membranen en SOFC-technologie om de afvangst van CO₂ procesgeïntegreerd goedkoper en efficiënter te maken. Hergebruik van het afgevangen CO₂ en het omzetten in waardevolle producten zal het maatschappelijk draagvlak aanzienlijk vergroten. De mogelijkheden voor hergebruik zijn echter zeer beperkt. Productie van chemicaliën uit CO₂ is geen aantrekkelijke route omdat hiervoor extra fossiele brandstoffen nodig zijn. Een aantrekkelijk alternatief vormt de verwerking in alkalische reststoffen (mineralisatie), waarbij het eindproduct op een milieuhygiënisch verantwoorde wijze kan worden hergebruikt. In opdracht van Shell is hiervoor een nieuw project gestart, waarbij de reststoffen, de toepassingsmogelijkheden en de marktwaarde worden onderzocht. De eerste resultaten komen overeen met de procescondities van Shell.

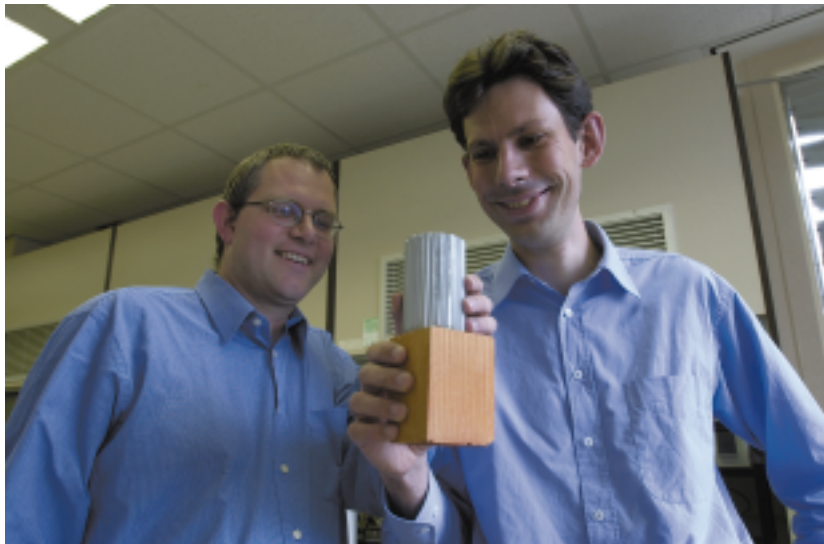
Katalysatorduo tegen uitstoot stikstofoxiden

Lachgas (N_2O) is een sterk broeikasgas: over een periode van honderd jaar kan het 310 maal zoveel warmte vasthouden in de atmosfeer als CO_2 . In Nederland vormt de salpeterzuurindustrie één van de grootste N_2O -bronnen. De meeste van de zeven salpeterzuurfabrieken beschikken nog niet over een installatie om schadelijke stikstofoxiden (NO_x) te verwijderen uit hun rookgassen. Verwijdering van zowel NO_x als lachgas in één reactor zou een kosten-effectieve methode zijn voor de industrie om de twee milieumaatregelen tegelijk in te voeren.

Jan Pels en Ruud van den Brink hebben een methode ontwikkeld om stikstofoxiden inclusief lachgas te verwijderen uit een gasstroom. Dit gebeurt door middel van selectieve katalytische reductie in één reactor.

Door twee katalysatoren achter elkaar te plaatsen kunnen ze de stikstofoxiden met behulp van koolwaterstoffen omzetten in stikstof, water en kooldioxide. De methode werkt goed met propaan als koolwaterstof, maar de onderzoekers proberen de methode uit te breiden met het goedkopere methaan (aardgas).

De ontwikkelde methode maakt gebruik van twee katalysatoren, materialen die de omzetting mogelijk maken zonder dat ze opraken. De eerste katalysator zet NO_x om met propaan, maar laat voldoende propaan over voor de tweede katalysator, die het lachgas reduceert. De vinding kan over een breed temperatuurgebied worden toegepast waardoor de gasstroom niet tussentijds hoeft te worden opgewarmd. Dit maakt de nieuwe methode eenvoudiger en op lange termijn goedkoper.



Uit onderzoek door TNO blijkt dat dieselmotoren, met name bij vrachtovervoer en schepen, zowel N_2O als NO_x produceren: ongeveer 50% van de totale uitstoot aan stikstofoxiden komt op rekening van de transportsector. Hierdoor is de methode niet alleen interessant voor een verbeterde rookgasreiniging in de industrie, maar ook voor aanpak van stikstofoxiden in de transportsector.

Energie en milieukwaliteit

Fijn stof en aërosol karakterisering

In 2001 is flinke progressie geboekt met de karakterisering van aërosolen en fijn stof. Met de ontwikkelde apparatuur kan continu de chemische samenstelling van fijn stof als functie van de grootte worden bepaald. Dergelijke apparatuur is nergens ter wereld beschikbaar, terwijl er wel grote behoefte aan is. De eerste metingen op 200 meter hoogte in Cabauw laten zien dat met name de zware metalen voorkomen in de fijne fractie (kleiner dan 2,5 micrometer). Waarschijnlijk zijn deze zware metalen afkomstig van een groot-schalig transport over de landsgrenzen heen. Daarentegen komen natrium, chloride, calcium, kalium en ijzer vooral van lokale bronnen. Hiernaast zijn de emissies van roet in Nederland onderzocht in een

bureaustudie om de gezondheidsrisico's van aërosolen in te schatten. Hieruit blijkt dat bijna alle roet in West-Europa afkomstig is van dieselveerkeer. De studie lijkt hiermee de belangrijkste bronnen te kunnen kwantificeren.

Nitraatkaart van Europa

Door nieuwe metingen en grondige evaluaties van bestaande metingen in Europa in combinatie met modelresultaten heeft ECN aangetoond, dat voor het grootste deel van Europa nitraat even belangrijk is als sulfaat voor de koelende werking ten gevolge van de beïnvloeding van de stralingsbalans. Nitraat is tot nog toe buiten de klimaatdiscussie gebleven, terwijl sulfaat volop de aandacht geniet. Onterecht dus.

NitroGenius

In opdracht van het ministerie van VROM heeft ECN samen met Alterra een simulatieprogramma ontwikkeld dat inzicht biedt in de complexe stikstofproblematiek. In het zogenoemde NitroGenius kruipen vier gebruikers achtereenvolgens in de huid van een politicus, een boer, een industrieel en een consument. In iedere rol wordt men geacht om naast de eigen doelen zoals winstbejag ook als team te proberen het stikstofprobleem integraal op te lossen. Het spel werd op de tweede internationale stikstofconferentie, die in oktober

2001 in de VS werd gehouden, met veel succes geïntroduceerd. Inmiddels zijn bij RIVM en VROM sessies gehouden die de inzichten in de stikstofproblematiek verder hebben verbeterd. Er zijn twee nieuwe methoden ontwikkeld om nauwkeurig en snel emissies van N_2O en CH_4 uit bronnen als stortplaatsen of weidegebieden te kunnen vaststellen. De 'snelle box methode' bepaalt de ruimtelijke variabiliteit en de pluimmethode bepaalt een geïntegreerde emissie. Deze methoden werken efficiënter en grootschaliger dan conventionele methoden.

Gasdoorlatend membraan vereenvoudigt stikstofanalyse

De bepaling van stikstof in vast en vloeibaar medium wordt vaak uitgevoerd volgens de werkwijze van Kjeldahl. Hierbij wordt het aanwezige stikstof omgezet in ammonium en na stoomdestillatie titrimetrisch bepaald. De methode wordt al gedurende honderd jaar toegepast voor de bepaling van stikstof in voeding en milieu. Ook wordt de werkwijze veelvuldig gebruikt voor de eiwitbepaling in levensmiddelen en veevoeder. Nadelen vormen echter arbeidsintensieve en tijdrovende stappen als stoomdestillatie en titratie, waardoor de methode moeilijk is te automatiseren. Andere bezwaren die aan de laboratoriummethode kleven, zijn onder andere de hoge kosten en het vele afval.

Piet Konijn heeft een stikstofbepaling bedacht die de nadelen van Kjeldahl's methode ondervangt. De uitvinding maakt gebruik van gasdiffusie als alternatief voor stoomdestillatie, en de titratie wordt vervangen door een geleidbaarheidsmeting. Deze processen zijn snel uitvoerbaar en niet arbeidsintensief, wat automatisering makkelijker maakt. In Konijn's methode wordt het stikstof omgezet in ammoniak, waarna het via een gasmembraan in een waterstroom terechtkomt. Hiervan wordt de geleidbaarheid gemeten, die een maat vormt voor de hoeveelheid stikstof.

Volgens Konijn kan zijn methode zowel stikstof in anorganische als organische stoffen meten. De voorkeur gaat echter uit naar organische stoffen



zoals die in vlees, bloedplasma, melk, eieren en veevoer voorkomen. Ook is de methode geschikt te maken voor routinematige eiwitbepalingen. Door de methode te automatiseren kunnen grote series monsters worden gemeten. De gemeten waarden kunnen worden opgeslagen in een datalogger, waarna de onderzoeker de data kan analyseren met een computer.

Externe partners en opdrachtgevers Schoon Fossiel

Afvalzorg, ATAG, BP-Amoco, CEA, CNRS, Corus, DSM, Engelhard, EU, EZ, Fiat, Gasunic, Grontmij, Institut für Angewandte Chemie, IRD, KEMA, NAM, Novem, Nuon, Piaggio & C Spa, Renault, Riso, RIVM, Saab, Shell, Siemens, Stork, TNO, TU Eindhoven, TU Twente, Umicore, Vaillant, Volvo, VROM, Wageningen Universiteit.

Technologische Services en Consultancy

De ECN-strategie voor de periode 2001-2004 concentreert zich op het onderzoek op en de ontwikkeling van de zeven prioriteitsgebieden. Op elk van deze prioriteitsgebieden wil ECN deelnemen in een Europees Centre of Excellence. Om deze ambitieuze doelstelling te kunnen halen is het noodzakelijk dat de prioriteitsgebieden zich volledig op hun onderzoeksveld kunnen richten. De technologische ondersteuning wordt door Technologische Services en Consultancy (TS&C) geleverd.

Bij de meeste grote projecten, die binnen ECN worden uitgevoerd, is TS&C betrokken. TS&C verzorgt de engineering en bouw van prototypes, installaties, van data-acquisitie- en besturingssystemen, van procesinstrumentatie en ontwikkelt softwareapplicaties.

Samenwerking ECN TS&C en Shell

De afdeling Technology and Innovation Support (TIS) van Shell International Chemicals en Technologische Services en Consultancy hebben in oktober 2001 in Amsterdam een samenwerkingsovereenkomst ondertekend. Hiermee werd officieel vastgelegd hoe de beide partijen hun activiteiten gezamenlijk kunnen versterken.

Het doel van de samenwerking is het effectief benutten en in stand houden van de aanwezige kennis. Ook het up-to-date houden van het aanwezige instrumentarium waarmee proefinstallaties ontworpen, vervaardigd en in bedrijf gesteld worden, is hiermee veiliggesteld. TIS en TS&C werken samen op een twintigtal terreinen, waaronder machinale bewerking, apparatenbouw en assemblage, verbindingstechnieken, oppervlaktetechnologie,

projectleiding, meet- en regeltechniek, kalibratie, gloeien, procesontwerp, thermisch spuiten en inspectie.

De Archimedes Wave Swing: energie uit oceaandeining

ECN maakt deel uit van het consortium AWS BV dat de AWS ontwikkelt en test. Een pilotmodel van de Archimedes Wave Swing, een model op halve schaal maar nog altijd 35 meter hoog op een ponton van 50 bij 28 meter, is gerealiseerd en naar Portugal verscheept. De opstelling is hier gereed gemaakt om medio 2002 te worden getest.

ECN TS&C verleende bij het AWS-project op verschillende deelgebieden haar medewerking:

- het testen van de diverse systemen zoals koelunit van de generator, waterremmen, pompen en kleppen ten behoeve van de lucht- en waterhuishouding, de besturings- en noodsystemen;
- beschrijving en vervaardiging van rekenmodellen en software ten behoeve van de besturings- en data-acquisitie tijdens operationele condities;
- voorbereiding van het transport vanaf de scheepswerf te Viana do Castelo naar de afzinklocatie en het voorbereiden met behulp van rekenmodellen van de afzinkprocedure;
- het opstellen van rekenmodellen in samenwerking met Alkyon Hydraulic Consultancy & Research ten behoeve van stabiliteitsberekeningen aan de fundatie van AWS tijdens stormcondities;
- organisatie, voorbereiding en tijdsplanning voor het aanstorten van zand rondom de ponton van de Pilot Plant met behulp van een hopperzuiger.

Ondertekening van de samenwerkingsovereenkomst door Ir. W. Schatborn, directie ECN (l) en Ir. G.A.M. Hermans, General Manager technology and innovation support.



Kennisopbouw intelligente ontwerp- en analysetechnieken

In opdracht van de prioriteitsgebieden Zonne-energie en Windenergie nam TS&C deel aan het ENGINE-project 'Aanbodvoorspellers voor duurzame energie'. Binnen het deelproject intelligente software werd in samenwerking met Stichting Neurale Netwerken (SNN) verdere kennis opgebouwd.

TS&C heeft eveneens, samen met de groep ECN DEGO, de opdracht gekregen voor de ontwikkeling van een aanbodvoorspeller voor WKK's (Warmte Kracht eenheden) voor een groot Nederlands elektriciteitsbedrijf. Een haalbaarheidsonderzoek is in het laatste kwartaal van 2001 afgerond, resulterend in een werkend prototype. Het prototype bestaat uit een combinatie van neurale netwerken en lineaire modellen. De binnen dit project ontwikkelde tools hebben een sleutelrol gespeeld bij de data-analyse en de realisatie van het uiteindelijke prototype.

Om te komen tot efficiënte en gebruiksvriendelijke functies is eind 1999 een begin gemaakt met de ontwikkeling van een schil om de Neural Networks-Toolbox van Matlab. Deze schil biedt de mogelijkheid direct, dus zonder programmering vooraf, neurale modellen te trainen met behulp van data. In het kader van dit project is in 2001 deze schil verder uitgebreid en bovendien met succes ingezet voor de 'Aanbodvoorspeller Zon en Wind' en de 'Aanbodvoorspeller WKK's'.

Fotokatalyse

TS&C heeft in 2001 het project overgenomen van het prioriteitsgebied Energie Efficiency in de Industrie. ECN TS&C heeft de algehele projectleiding in handen en richt zich in het onderzoek op de ontwikkeling van de elektrokatalysator. Het einddoel is een efficiëntie van meer dan 10% bij de omzetting van CO₂ met water, onder invloed van zonlicht in chemicaliën en waterstof.

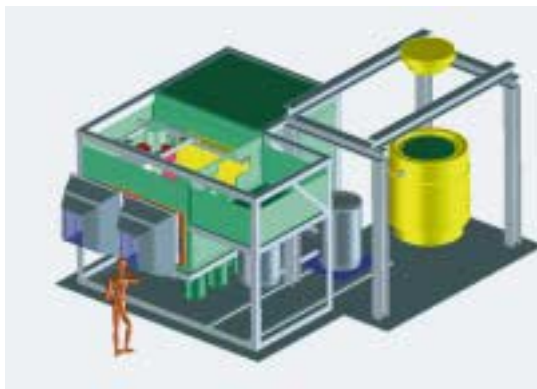
In het project heeft ECN een belangrijke inspanning geleverd met het ontwikkelen van een poreuze titaan

tape, nodig als drager voor het fotokatalytische titania. Dit is onder andere van belang, omdat de beste resultaten van de PEC-reactor zijn behaald met gecoat Ti-folie, namelijk 16,5mA bij 25°C. Inmiddels is er voor de innovatieve productiemethode van de poreuze titaan tape een patent aanvraagprocedure gestart. Dit mede omdat er een belangrijke spin-off voor biomedische toepassingen is ontstaan.

Er is een elektrokatalysator ontwikkeld die in staat is CO₂ om te zetten in de gewenste producten. Het ontwerp en de bouw van de reactor verlopen volgens schema. Hoewel er wel wetenschappelijke vorderingen worden gemaakt, blijft de efficiëntie van de fotokatalysator in zonlicht ver achter bij de gestelde doelen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het optreden van te grote verliezen op het grensvlak water/fotokatalysator of als gevolg van de recombinitie van waterstof en elektronen in het elektrolyt.

Afvoer en opslag van Hoog Actief Afval

TS&C heeft van COVRA de opdracht ontvangen voor het maken van Fuel Canisters voor de opslag van hoog actief afval. Deze canisters zijn vooraf berekend en een vijftal canisters is daadwerkelijk op kwaliteit getest met een valtest. Hierbij waren Covra en overheidsinstanties betrokken. Voor ECN is TS&C betrokken bij het ontwerp van de HAVA-verwerkingsunit voor het scheiden, verpakken en transportgereed maken van het HAVA dat in 2003 naar COVRA zal worden verplaatst.



HAVA-verwerkingsunit voor het scheiden, verpakken en transportgereed maken van het HAVA (Hoog Actief Vast Afval).

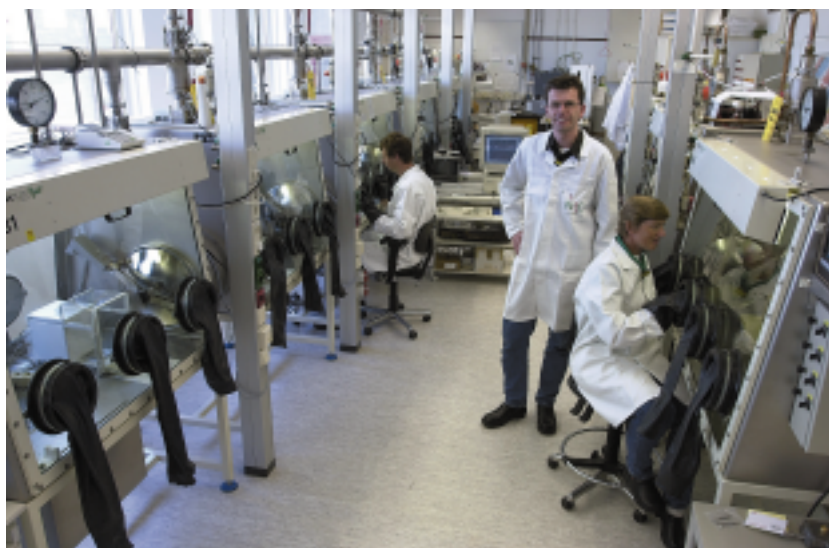
Externe partners en klanten Technologische Services en Consultancy

Akzo Nobel, AVV, AZN, BIHCA Precision BV, Bayer AG, Bernard Forster, Burncare BV, CERN, Cordis Europa NV, Covra, CryoJet BV, CTT Assets BV, DeltaNautic, Dinex A/S, Dinfa, DLG Groningen, DynaVision BV, EcoCeramics, Essence Consultants, Fokker Space, Fuji Photo Film, Gasmodul BV, GCO, GDA Amsterdam, Hunter Douglas, HyCoTec Services BV, HydroRing BV, IDC IJmond BV, Ministeries EZ, OCenW en V&W, NCAM, NMA Alkmaar, Novem, Philips Enabling Technology, PMP, Profiflora, Provincie Noord-Holland, QEC, Shell International Chemicals, Shell Solar, Sonera, Spacelabs Medical BV, Steinbruck & Drucks, Stork FDO, Stork Product Engineering, Syntens, Technobis BV, Teamwork Technology, Thermimport, Tocardo BV, Verhoef Muziekinstrumenten, Wientjes.

Nucleaire technologie

De Nuclear Research and consultancy Group (NRG), waarin de nucleaire activiteiten van ECN en KEMA sinds 1998 zijn ondergebracht, ontving in 2001 een nieuwe Kernenergiewetvergunning voor al haar faciliteiten. Alle activiteiten worden uitgevoerd volgens het ISO 9001 kwaliteitscertificaat. De internationale positie van NRG in de 'European Research Area' heeft geleid tot meer dan 60 contracten binnen het EU 5^e Kaderprogramma.

Medewerkers onderzoeken materialen voor de recycling van kernafval.



Het jaar 2001 was er een van innovatie waarin nieuwe producten, technieken en computerprogramma's zijn ontwikkeld. Tussen het einde van 2001 en publicatie van dit jaarverslag werd de start van een cyclus van de Hoge Flux Reactor met één maand uitgesteld omdat er vragen waren over de veiligheidscultuur en een lasdefect in het reactorvat, en een hieruit voortvloeiende bestuurscrisis. Een veiligheidsonderzoek door deskundigen van het Internationaal Atoom Energie Agentschap alsmede een analyse van het lasdefect zijn uitgevoerd. Implementatie van de hieruit voortvloeiende aanbevelingen is in volle gang en toestemming voor het bedrijven van de reactor volgens het cyclusprogramma werd verleend.

Toenemende belangstelling voor nucleaire technologie

In lijn met de missie wordt veel aandacht besteed aan communicatie en voorlichting aan het publiek. NRG heeft in 2001 deelgenomen aan verschillende (wetenschappelijke) televisieprogramma's van onder andere VARA, VPRO en TELEAC. De NRG website www.nrg-nl.com voorziet in de groeiende vraag naar informatie over nucleaire technologie en het aantal hits op de site is in 2001 gegroeid naar 250.000. Dagelijks worden vragen van leerlingen op het gebied van kernenergie, straling en medische isotopenproduc-

tie beantwoord. NRG ontvangt groepen scholieren en studenten en biedt excursies naar de nucleaire faciliteiten aan. De jaarlijkse Open Dag van de duinbedrijven in Petten in het kader van de landelijke Wetenschap en Techniek Week werd door ruim 1.600 bezoekers bezocht. De maandelijkse Open Zaterdagen bij de Hoge Flux Reactor zijn na de aanslagen in de Verenigde Staten op 11 september tijdelijk gestopt. Zodra de situatie dit toestaat zullen de populaire HFR Open Dagen weer plaatsvinden.

Nucleaire geneeskunde in Pettemer duinen

Jaarlijks worden ruim 10 miljoen patiënten in Europa geholpen met radioactieve stoffen. De Hoge Flux Reactor (HFR) is de belangrijkste producent van deze medische isotopen. De isotopen uit de HFR worden toegepast voor diagnostiek, therapie en pijnbestrijding. Het belangrijkste isotoop voor het stellen van diagnoses is Technetium-99, een dochterproduct van Molybdeen-99 (Mo-99). Om aan de groeiende vraag naar Mo-99 te kunnen voldoen, heeft NRG in 2001 een nieuwe bestralingsfaciliteit ontworpen, vervaardigd en in gebruik genomen, de In Core Molybdenum Production Facility. Hiermee wordt niet alleen een verbetering van kwaliteit gerealiseerd, maar tevens is de productie efficiënter met het bijkomend voordeel een vermindering van de hoeveelheid afval.

In lijn met de snelle ontwikkelingen op het gebied van de nucleaire geneeskunde is in 2001 een aantal nieuwe isotopen geproduceerd, waaronder Lutetium-177, Samarium-153 en Indium-133. Deze isotopen worden gebruikt voor het verkrijgen van kwalitatief hoogwaardige beelden bij diagnostiek, en voor therapie. NRG participeert tevens in Europees Biomedisch Onderzoek. In Petten wordt onderzocht of zeer lage stralingsdoses van invloed zijn op DNA alsmede research gedaan naar de beïnvloeding en gevoeligheid van genmateriaal op straling en tumorontwikkeling.

Nieuwe materialen voor recycling van kernafval

Bij de productie van kernenergie worden splijtingsproducten en actiniden gevormd. Deze worden in het algemeen gekarakteriseerd als afval hoewel sommige ingrediënten in aanmerking komen voor hergebruik. Zo worden uranium en plutonium in 10% van de kernenergiecentrales in de wereld hergebruikt in de vorm van Mixed Oxide (MOX). De radioactiviteit van splijtingsproducten is na een paar honderd jaar zeer laag. De actiniden doen er echter 250.000 jaar over om te zakken tot het niveau van het oorspronkelijke uraniumerts waaruit ze zijn voortgekomen. NRG levert een significante en internationaal gewaardeerde bijdrage aan het internationale onderzoek naar herge-

Missie

NRG verleent expertise en diensten die zijn gericht op een veilig, ecologisch verantwoord en efficiënt gebruik van nucleaire technologie in energieproductie, stralingsbescherming en nucleaire geneeskunde. Daarnaast ontwikkelt en past NRG expertise toe in niet-nucleaire markten.

bruik en verkorting van de levensduur van kernafval. Het NRG-onderzoek richt zich onder andere op recycling van specifieke actiniden als americium, neptunium en curium en splijttingsproducten als technetium en jodium. Hiervoor beschikt NRG over laboratoria voor het chemisch afscheiden van deze producten, de fabricage van bestralingsmonsters, het bestralen in de Hoge Flux Reactor en opslag van afvalproducten. Om actiniden te kunnen recycleren moeten ze worden gemengd in een uraniumvrije splijtstof die bestand is tegen neutronenbestraling en geen nieuwe actiniden of splijttingsproducten aanmaakt. NRG onderzoekt hiervoor geschikte Inerte Matrix Fuels (IMF) zoals het keramisch materiaal zirkonium. De uitkomsten van deze testen zijn veelbelovend en zullen leiden tot een keuze voor de meest geschikte materialen voor de recycling van kernafvalproducten.

Nieuwe generatie kernreactoren

Een veelbelovend reactortype voor de toekomst is de inherent veilige Hoge Temperatuur gasgekoelde Reactor (HTR), in het bijzonder de Pebble Bed Modulaire Reactor (PBMR). De economische voordelen van deze reactor zijn de relatief lage investeringskosten, de snelle bouwtijd en het gunstige energetische rendement. Bij NRG wordt gewerkt aan berekeningen voor stralingsafscherming, studies naar het gedrag van deze reactor in operationele en bijzondere situaties alsmede aan verificatie van ontwerpspecificaties van integrale systemen. NRG participeert in alle zes HTR-gerelateerde projecten binnen het EU 5^e Kaderprogramma. Hiervoor worden thermische en neutronenberekenin-

gen voor HTR-brandstof uitgevoerd. Evenals validatie van toegepaste computercodes, onderzoek naar lassen in staal en testen van brandstof, met name grafiet. Ook wordt gewerkt aan een kleine nucleaire warmtekrachtinstallatie, bedoeld voor locaties waar weinig infrastructuur aanwezig is.

Neutronen voor 'oude meesters'

In april 2001 is het 17^e eeuwse schilderij 'De Evangelist Lucas' van Hendrick ter Brugghen in de Lage Flux Reactor bestraald. Door neutronenbestraling worden elementen in het schilderij radioactief gemaakt, zoals kobalt en arseen. De verschillende elementen zenden vervolgens elektronen- en gammastraling uit, ieder in relatie met de eigen halfwaardetijd. Door middel van autoradiografie kan op elektronengevoelige films zichtbaar worden gemaakt waar lokaal deze straling wordt uitgezonden. En dus hoe de verschillende elementen over het schilderij verdeeld zijn. Op detailniveau geven de films informatie over de oorspronkelijke individuele penseelstreken en onderschilderingen. De blauwe smalt, een element in de verf dat is gebruikt voor de blauwe mantel van Lucas, is in de loop der jaren verkleurd tot groenblauw. Uit de analyse bleek dat de positie van het boek en de os door de schilder een aantal keer is gewijzigd. Op basis van de autoradiografie hebben onderzoekers en de restaurator van het schilderij een computerreconstructie gemaakt van het schilderij zoals dat er in 1621 uit heeft gezien. In november 2001 is deze methode toegepast op een schilderij uit de collectie van 'Rembrandt's School'.



De 'Evangelist Lucas' van schilder ter Brugghen.



Computerreconstructie van de originele kleuren van Lucas' mantel. Gemaakt met behulp van autoradiografie van geactiveerd arseen.

Sociaal en milieujarverslag

Sociaal jaarverslag

Meer gegevens zijn beschikbaar in een uitgebreidere versie van het Sociaal en Milieujarverslag ECN 2001, verkrijgbaar via Kwaliteit, Veiligheid en Milieu (KVM).

Vernieuwing RI&E

In 2000 is de risico-inventarisatie & -evaluatie (RI&E) geheel vernieuwd. Door de toetsende instantie (arbo-dienst AMG) is extra aandacht gevraagd voor inleenkrachten en contractors. In dat verband zijn de 'Veiligheids- en Milieuvoorschriften voor Derden' in 2001 geheel vernieuwd. In 2002 volgt nog een vernieuwing en uitbreiding van de instructie bij binnenkomst.

Investeren in middelen

In 2001 is het investeringspakket voortvloeiend uit de inventarisaties van 1997/1998 geheel afgerond. Het betrof onder andere opslaggelegenheid voor chemicaliën en gasflessen en de bouw van een nieuw depot voor chemisch afval.

Investeren in mensen

In 2001 is veel aandacht besteed aan de instructie en opleiding van medewerkers, zie de onderstaande tabel. In verband met de certificatie van het management systeem (MS) tegen ISO 14001 (norm voor milieuzorgsystemen) zijn veel instructies in het kader van KVM gegeven.

Hoofdthema	Aantal bezig	Aantal afgerond
Mondelinge communicatie	18	3
Schriftelijke communicatie	8	5
Taalvaardigheden	50	5
Persoonlijke effectiviteit	39	26
Management & Ondernemen	54	49
Personeel & Opleiding	6	0
Kwaliteit, Arbo & Milieu	60	388
Interne Bedrijfsorganisatie	38	15
Marketing & Verkoop	18	5
Financiële bedrijfsadministratie	23	1
Computergebruik & Automatisering	133	50
Techniek & Onderhoud	148	31
Sector- & Branche specificatie	43	147
Basisopleiding	284	15
Niet ingedeeld	2	1
Totaal	924	741

Opleidingsplan 2001

Bron: onderdeel van registratie in SAP HR

Bijna-ongeval meldingen

De kwaliteit van de meldingen was goed, vele maatregelen zijn genomen. Een enkel voorbeeld: vijf meldingen betroffen verkeer op het ECN-terrein. In 2001 zijn onder meer voetpaden aangelegd en uitritten voorzien van drempels. In 2002 zal een RI&E verkeer worden uitgevoerd op basis waarvan een Meerjarenplan verkeer zal worden opgesteld.

Jaar	Aantal meldingen	Waarvan m.b.t. Veiligheid & Gezondheid	Waarvan m.b.t. Milieu	Opmerkingen
1998	27	26	7	ECN + NRG
1999	43	41	16	ECN
2000	35	34	11	ECN
2001	35	32	7	ECN

(Verzuim-)ongevallen

(verzuim-ongevallen van ECN exclusief de ongevallen van aannemers).

Jaar	Fte + stagiaires per 31-12	Aantal ongevallen	Aantal verzuim-ongevallen	Index IF	Opmerkingen
1997	924,6	3	1	0,68	ECN + NRG
1998	950,6	3	1	0,66	ECN + NRG
1999	719,7	2	2	1,74	ECN
2000	746,5	6	1	0,84	ECN
2001	668,3	4	2	1,87	ECN
Gemiddeld (rekenkundig)				1,16	Streefwaarde: < 0,8 voor periode 2002-2005
Index IF = het aantal verzuim-ongevallen × 1.000.000 / gewerkte uren (het aantal gewerkte uren = aantal fte × 1600)					

Conclusie: De IF-index ligt ruim boven de streefwaarde van 0,8.

In de periode 2002-2005 zullen de bestaande inspanningen worden voortgezet. Daarnaast zal er bij ernstige (bijna-)ongevallen een diepgaander onderzoek worden uitgevoerd naar achterliggende oorzaken in de verwachting dat daarmee de veiligheid van de gehele organisatie kan worden verbeterd.

Ziekteverzuim (excl. NRG)

Jaar	Gemiddelde verzuim-frequentie	Gemiddelde verzuimduur	Incl. gravida	Excl. gravida	Percentage niet-verzuimers
1999	1,31	8,24	2,87	2,58	34,97
2000	1,30	9,25	3,40	3,11	39,26
2001	1,32	11,27	3,39	3,14	37,48

Milieujaarverslag

Milieurelevante, externe ontwikkelingen

In 2000 zijn vijf milieuvergunningen aangevraagd. Het doel was, naast vernieuwing van de vergunningen, de bestaande inrichting ECN te scheiden in twee inrichtingen, te weten ECN en NRG. In 2001 is deze scheiding gerealiseerd door de verlening van de vijf vergunningen. De scheiding is een voortvloeisel uit de oprichting in 1998 van NRG.

Milieuvergunningen

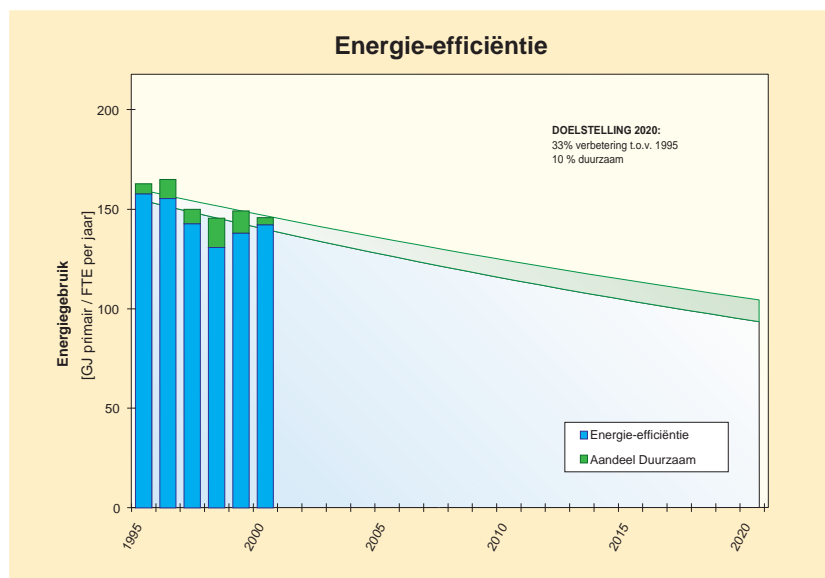
ECN heeft sinds medio 2001 drie nieuwe c.q. vernieuwde vergunningen te weten:

- een nieuwe Wet milieubeheervergunning op hoofdlijnen;
- een nieuwe Wet verontreiniging Oppervlaktewatervergunning eveneens op hoofdlijnen;
- een vernieuwde Kernenergiewet-vergunning.



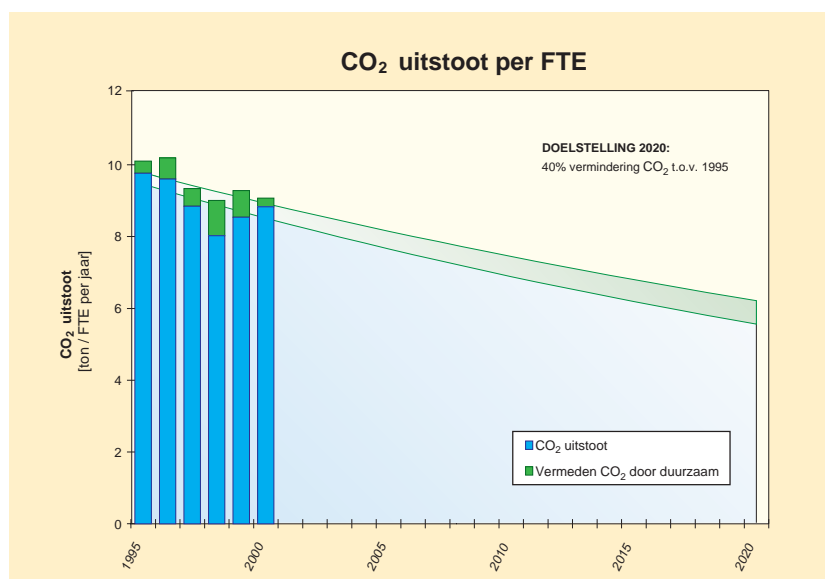
Figuur 5.
Energie-efficiëntie vs.
energiegebruik
1995-2020.

ECN is buitengewoon ingenomen met de verlening van deze vergunningen omdat enerzijds de belangen van het milieu zo beter tot hun recht komen en anderzijds de vergunningen ECN de voor R&D zo noodzakelijke flexibiliteit verschaffen.



Toelichting op Figuren 5 en 6: het prestatieniveau van ECN houdt nu nagenoeg gelijke tred met de doelstellingen, na een aantal jaren waarin ECN hier ruimschoots aan voldeed. In de jaren 2002-2005 zal worden geïnvesteerd in windenergie en op het energieverbruik van gebouwen zal worden bespaard. Er is een bio-WKK op het ECN terrein gepland die ook een forse bijdrage zou kunnen leveren. Door het nemen van deze maatregelen kan ECN haar prestatie op peil houden en mogelijk zelfs verbeteren.

Figuur 6.
CO₂ uitstoot per FTE.



Bedrijfsinterne milieuzorg (BIM)

Binnen de hoofdlijnenopzet past een gedegen milieuzorgsysteem:

- in juni 2001 is het management systeem van ECN door Lloyd's registregecertificeerd tegen de ISO 14001-norm voor milieuzorgsystemen (naast het al aanwezige ISO 9001 certificaat voor kwaliteit);
- in het najaar van 2001 is een Kwaliteits-, Veiligheids- en Milieuplan opgesteld voor de jaren 2002-2005, dat begin 2002 is goedgekeurd door het Bevoegd Gezag Wm.

Klimaatverandering

ECN hanteert als langetermijndoelstelling (Derde Energie-nota): 40 % reductie van CO₂ in 2020 ten opzichte van 1995 door 10% duurzaam (groen) en 33% verbetering (blauw).

Overige aspecten

Het milieujarverslag is met ingang van dit jaar opgezet volgens de structuur van bijlage II van het Besluit Milieuverlaglegging Wet milieubeheer. In het verslag zijn alle aspecten en emissies opgenomen (klimaatverandering, verzuring, verspreiding naar de lucht en naar het oppervlaktewater, vermisting, verwijdering, verdroging, bodembescherming en -sanering, verstoring door geluid en geur, externe veiligheid, bedrijfsinterne milieuzorg, milieurelevante, externe ontwikkelingen, milieuvergunningen).

Wat ging er mis in 2001?

Bij de driejaarlijkse meting van de NO_x-emissie van de gasmotor van een compressor van het persluchtnet bleek de emissie circa vijf keer hoger dan de grenswaarde (140 g/GJ). Na overleg met de leverancier en de fabrikant is besloten de gasmotor in 2002 op een ander werkpunt in te stellen en te voorzien van een lambdasonde en katalysator, waarmee ruimschoots aan de NO_x-eis moet kunnen worden voldaan (het betreft een proef).

Bij een controlemeting door het Hoogheemraadschap bleken de emissie vanuit een olie-water-afscheider en de zilveremissie van de reprografische afdeling te hoog. Maatregelen om herhaling te voorkomen zijn genomen.

Jaarrekening 2001

Jaarrekening 2001

Geconsolideerde balans per 31 december (in € x 1000)

Activa		2001	2000	Passiva		2001	2000
Vaste activa				Groepsvermogen			
Materiële vaste activa		34.545	33.627	Eigen vermogen		10.702	18.709
Immateriële vaste activa		616	821	Aandeel van derden		1.073	896
Financiële vaste activa:						<u>11.775</u>	<u>19.605</u>
• Deelnemingen in kennisondernemingen		295	54	Voorzieningen			
• Overige deelnemingen		858	690	Voorziening FUT		3.425	4.452
• Achtergestelde lening		18	227	Voorziening voor afvloeiingskosten		8.833	10.396
• Effecten		35.126	39.075	Voorziening voor radioactief afval		41.913	39.756
• Overige vorderingen		1.449	1.942	Overige voorzieningen		2.355	2.066
		<u>72.907</u>	<u>76.436</u>			<u>56.526</u>	<u>56.670</u>
Vlottende activa				Langlopende schulden			
Onderhanden werk		13.822	15.395			-	983
Vorderingen en overlopende activa		26.988	20.715	Kortlopende schulden			
Liquide middelen		4.049	-			49.465	35.288
		<u>44.859</u>	<u>36.110</u>	Totaal		<u>117.766</u>	<u>112.546</u>
Totaal		<u>117.766</u>	<u>112.546</u>				

Geconsolideerde resultatenrekening (in € x 1000)

	2001	2000
Bedrijfsopbrengsten		
Financiering en andere opbrengsten		
• Basis-, ENGINE-, Samenwerkings-financiering Staat der Nederlanden	30.951	29.782
• Opdrachten en overige financiering	61.133	48.401
• Toe-/afnemings onderhanden werk	-/- 1.573	6.070
	<u>90.511</u>	<u>84.253</u>
Geactiveerde productie voor eigen bedrijf	1.639	1.958
Opbrengsten uit licenties	228	723
Overige bedrijfsopbrengsten	1.167	1.189
	<u>93.545</u>	<u>88.123</u>
Bedrijfslasten		
Personeelskosten	61.643	53.412
Afschrijvingen	6.476	5.902
Overige bedrijfskosten	31.301	27.473
	<u>99.420</u>	<u>86.787</u>
Bedrijfsresultaat	-/- 5.875	1.336
Financiële baten en lasten	-/- 1.955	1.313
Resultaat uit gewone bedrijfs-uitoefening	-/- 7.830	2.649
Buitengewone baten en lasten	-	-/- 10.745
Resultaat voor aandeel van derden	-/- 7.830	-/- 8.096
Aandeel van derden in het resultaat	-/- 177	-/- 150
Resultaat	<u>-/- 8.007</u>	<u>-/- 8.246</u>

Geconsolideerd kasstroomoverzicht (in € x 1000)

	2001	2000
Beginsaldo liquide middelen	-/- 968	19.138
Kasstroom uit operationele activiteiten		
Bedrijfsresultaat	-/- 5.875	1.336
Afschrijvingen	6.476	5.902
Mutaties voorziening uitgezonderd rentedotatie en bijdrage EZ	144	-/- 23.413
Mutatie door buitengewone baten	-	8.622
	745	-/- 7.553
Mutatie werkkapitaal	9.477	1.456
Mutatie door buitengewone lasten	-	-
	10.222	-/- 6.097
Ontvangen financiële baten en lasten	-/- 1.955	3.557
	<u>8.267</u>	<u>-/- 2.540</u>
Kasstroom uit investeringsactiviteiten		
Mutaties financiële vaste activa excl. deelneming	4.651	-/- 5.632
Mutatie deelnemingen	-/- 409	-/- 342
Mutaties immateriële vaste activa	205	-/- 1.026
Investerings materiële vaste activa	-/- 7.653	-/- 10.597
Inbreng derden materiële vaste activa	-	-
Desinvesteringen materiële vaste activa	939	1
	<u>-/- 2.267</u>	<u>-/- 17.596</u>
Kasstroom uit financieringsactiviteiten		
Mutatie langlopende schulden	-/- 983	30
Eindsaldo liquide middelen	<u>4.049</u>	<u>-/- 968</u>

Toelichting op de geconsolideerde jaarrekening

Algemeen

ECN is statutair gevestigd te Petten, gemeente Zijpe. Voor het doel van de stichting wordt verwezen naar de missie, omschreven in het jaarverslag.

Grondslagen voor de consolidatie

De geconsolideerde jaarrekening, waarin alle belangrijke onderlinge veranderingen, schulden en transacties zijn geëlimineerd, omvat de jaarrekeningen van ECN, de groepsmaatschappijen NRG v.o.f en NRG Personeel v.o.f., alle gevestigd te Petten, gemeente Zijpe. ECN is voor 70% en KEMA voor 30% eigenaar van beide v.o.f.'s.

Waarderingsgrondslagen van activa en passiva

De materiële vaste activa zijn gewaardeerd tegen verkrijgingsprijs of vervaardigingsprijs onder aftrek van toegepaste afschrijvingen. Het terrein is in 1957 van Staatsbosbeheer in erfpacht verkregen. De termijn van erfpacht is in 1996 verlengd van 2007 tot 2032.

De afschrijving geschiedt lineair, waarbij de volgende termijnen worden gehanteerd:

• Bedrijfsgebouwen	20 jaar
• Tijdelijke gebouwen en terreinvoorzieningen	10 jaar
• Bedrijfsinstallaties en -inrichting	10 jaar
• Instrumenten, machines enz.	5 jaar
• Goodwill	5 jaar
• Computerapparatuur en programmatuur	3 jaar
• Licenties	economische levensduur

Deelnemingen in kennisondernemingen betreffen deelnemingen waarbij de

door ECN ingebrachte, unieke expertise een kritische succesfactor vormt voor de oprichting en/of het voortbestaan van deze entiteit.

ECN kan invloed van betekenis uitoefenen met betrekking tot het zakelijke en financiële beleid van NRG. Derhalve wordt de deelneming in NRG gewaardeerd tegen de netto vermogenswaarde. De netto vermogenswaarde wordt berekend op basis van de door ECN gehanteerde grondslagen van waardering en resultaatbepaling.

De overige deelnemingen zijn opgenomen tegen aanschaffingswaarde respectievelijk nominale waarde onder aftrek van eventuele voorzieningen.

De aandelen worden gewaardeerd tegen aanschafwaarde of lagere marktwaarde.

De obligaties zijn gewaardeerd tegen aanschaffingswaarde, waarbij eventuele agio of disagio bij de aanschaf van effecten, verdeeld over de looptijd ten laste of ten gunste van het resultaat wordt gebracht.

Het onderhanden werk is gewaardeerd op basis van de daaraan bestede kosten onder aftrek van een voorziening voor te verwachten verliezen.

De voorzieningen FUT, afvloeiingskosten en radioactief afval zijn berekend op basis van contante waarde.

De overige activa en passiva zijn opgenomen voor de nominale bedragen; op de vorderingen wordt een aftrek toegepast voor nodig geoordeelde voorzieningen.

Grondslagen voor de bepaling van het resultaat

Alle posten in de resultatenrekening worden opgenomen voor de aan het verslagjaar toe te rekenen bedragen.

Toelichting op de geconsolideerde balans (in € x 1000)

Vaste activa

Materiële vaste activa

De specificatie van de materiële vaste activa is als volgt:	Mutaties in 2001			
	Waarde per 31-12-2001	Investerings	Desinvesterings	Waarde per 31-12-2000
Bedrijfsgebouwen/terreinvoorzieningen				
Aanschafwaarde	34.735	4.206	147	30.676
Afschrijvingen	21.837	1.294	17	20.560
<i>Boekwaarde</i>	<u>12.898</u>	<u>2.912</u>	<u>130</u>	<u>10.116</u>
Bedrijfsinstallaties/inrichtingen				
Aanschafwaarde	40.026	1.431	361	38.956
Afschrijvingen	30.624	1.889	36	28.771
<i>Boekwaarde</i>	<u>9.402</u>	<u>-/- 458</u>	<u>325</u>	<u>10.185</u>
Instrumenten, machines e.d.				
Aanschafwaarde	39.912	2.717	431	37.626
Afschrijvingen	33.099	3.088	422	30.433
<i>Boekwaarde</i>	<u>6.813</u>	<u>-/- 371</u>	<u>9</u>	<u>7.193</u>
Vaste bedrijfsmiddelen in uitvoering				
Aanschafwaarde	5.432	-/- 701	-	6.133
Totaal				
Aanschafwaarde	120.105	7.653	939	113.391
Afschrijvingen	85.560	6.271	475	79.764
<i>Boekwaarde</i>	<u>34.545</u>	<u>1.382</u>	<u>464</u>	<u>33.627</u>

Immateriële vaste activa

De specificatie van de immateriële vaste activa is als volgt:	Mutaties in 2001			
	Waarde per 31-12-2001	Investerings	Desinvesterings	Waarde per 31-12-2000
Goodwill				
Aanschafwaarde	1.026	-	-	1.026
Afschrijvingen	410	205	-	205
<i>Boekwaarde</i>	<u>616</u>	<u>-/- 205</u>	<u>-</u>	<u>821</u>

De goodwill heeft betrekking op de overname van TNO-CSD door dochtermaatschappij NRG.

Financiële vaste activa

Deelnemingen in kennisondernemingen

	2001	2000
• BCN BV	-	-
• ENATEC BV	245	8
• NEDSTACK Holding BV	3	3
• SWEAT BV	7	7
• INDEC BV	18	18
• MAN SOLAR BV	18	18
• ASTER INTELLECTUAL PROPERTIES BV	4	-
Totaal	<u>295</u>	<u>54</u>

Overige deelnemingen

	2001	2000
• DNC Nuclear Technology BV	18	18
• COVRA NV	-	-
• RTC Noord-Holland Noord BV	227	227
• TIFAN BV	227	227
• ECN-INTERNATIONAL BV	18	18
• SOLAR INTERNATIONAL BOTSWANA	-	45
• AWS BV	71	71
• ENERSEARCH AB	11	11
• OFBS BV	-	10
• COGEN Projects BV	-	45
• RGS BV	18	18
• SUNLAB BV	18	-
• ECN WIND ENERGY FACILITIES BV	18	-
• ECONCERN	227	-
• HYDRORING	-	-
• R3T	5	-
Totaal	<u>858</u>	<u>690</u>

Achtergestelde lening

De in 2000 verstrekte achtergestelde lening aan Econcern is per 14 februari 2001 omgezet naar 3000 certificaten van aandelen. In 2001 is een achtergestelde lening van € 18 verstrekt aan R3T BV.

Effecten

Het verloop van de portefeuille is als volgt:

	2001	2000
Stand per 1 januari 2001 financieel vaste activa		39.075
• Af: verkopen	3.001	
• Bij: aankopen	-	
• Bij: koersresultaten	<u>-/- 948</u>	
Totaal per 31 december 2001		<u>-/- 3.949</u>
		<u>35.126</u>

De obligaties ter waarde van € 27.512 zijn deels verpand. De overige effecten staan ter vrije beschikking van ECN.

Obligaties

De obligatieportefeuille heeft een nominale waarde van € 31.773. De marktwaarde per ultimo 2001 bedraagt € 27.517.

Aandelen

De aandelenportefeuille heeft een boekwaarde, gelijk aan de marktwaarde, van € 5.345. De aanschafwaarde per ultimo 2001 bedraagt € 6.415.

Deposito's

Er is een langlopende deposito ad € 2.269 nominaal.

Overige vorderingen

Achtergestelde lening

Onder de overige vorderingen is opgenomen een aan Ultracentrifuge Nederland NV (UCN) verstrekte lening als vergoeding voor overgedragen kennis van het ultracentrifugeprocédé.

Licenties

Onder de overige vorderingen is tevens opgenomen een licentie inzake microfiltratiemembranen.

Stand per 1 januari 2001		92
• Bij: aankopen	-	
• Af: afschrijving	<u>27</u>	<u>-/- 27</u>
Stand per 31 december 2001		<u>65</u>

Flottende activa

Vorderingen en overlopende activa

De vorderingen zijn opgenomen voor de nominale bedragen onder aftrek van benodigde voorzieningen. Ze vervallen binnen 1 jaar en zijn als volgt gespecificeerd:

	2001	2000
Handelsdebiteuren		
- debiteuren	19.591	10.470
- vorderingen	<u>6.816</u>	<u>8.085</u>
	26.407	18.555
Overige vorderingen en overlopende activa	581	2.160
Stand per 31 december	<u>26.988</u>	<u>20.715</u>

Liquide middelen

Liquide middelen

De liquide middelen die in rekening courant waren geboekt met Achmea, zijn in 2001 als pensioenlast toegevoegd aan het depot dat wordt beheerd door Achmea.

Voorziening voor afvloeiingskosten

Deze voorziening is bestemd voor kosten als gevolg van de afvloeiing van personeel in verband met reorganisaties. Het verloop van deze voorziening is als volgt:

Stand per 1 januari 2001	2.030	10.396
• Af: onttrekking	<u>467</u>	
• Bij: rentedotatie		<u>-/- 1.563</u>
Stand per 31 december 2001		<u>8.833</u>

Voorziening voor radioactief afval

Deze voorziening is bestemd voor de kosten van toekomstige behandeling en opslag van radioactief afval.

Het verloop van deze voorziening is als volgt:

Stand per 1 januari 2001		39.756
• Af: onttrekking	1.376	
• Bij: toevoeging	1.560	
• Bij: rentedotatie	<u>1.973</u>	
Stand per 31 december 2001		<u>2.157</u>
		<u>41.913</u>

Met betrekking tot de huidige omvang van de voorziening bestaan per balansdatum nog onzekerheden. Er blijft een verschil van inzicht tussen ECN en GCO over de verantwoordelijkheid voor 500 opgeslagen vaten en andere radioactieve delen. De berekening van de kosten voor behandeling en opslag van radioactief afval is gebaseerd op de huidige stand van de techniek. De in 2000 voorgenomen COVRA aandelenoverdracht aan de Staat der Nederlanden heeft per ultimo 2001 nog niet plaatsgevonden.

Overige voorzieningen

Onder de overige voorzieningen worden opgenomen de voorziening Functioneel Leeftijdssontslag (FLO), de voorziening Onderhoud gebouwen en de voorziening Stichting Flexibel Uittreden Nutsbedrijven (SFN).

	FLO	Onderhoud	SFN	Totaal
Stand per 1 januari 2001	1.842	23	201	2.066
• Af: onttrekking	392	322	-	714
• Bij: toevoeging	324	408	166	898
• Bij: rentedotatie	91	-	14	105
Stand per 31 december 2001	<u>1.865</u>	<u>109</u>	<u>381</u>	<u>2.355</u>

Voorziening FLO

Continuïteitsmedewerkers kunnen vanaf een leeftijd van 57,5 jaar gebruikmaken van de regeling Functioneel Leeftijdssontslag (FLO).

Voorziening Onderhoud gebouwen

De voorziening Onderhoud gebouwen heeft de functie de kosten van onderhoudswerkzaamheden aan gebouwen door de jaren heen te egaliseren.

Voorziening SFN

De voorziening SFN is voorbestemd als een pre-pensioen regeling voor ex-KEMA werknemers die werkzaam zijn bij NRG.

Langlopende schulden

De langlopende lening die KEMA aan NRG heeft verstrekt ad € 983 is in 2001 geheel afgelost.

Kortlopende schulden

	2001	2000
Vooruitontvangen van derden	20.831	4.619
Crediteuren inzake leveringen en diensten van derden	11.931	13.954
Loonbelasting	1.320	2.046
Overige sociale lasten en personeelskosten	4.804	4.721
Omzetbelasting	255	160
Diverse schulden en overlopende passiva	10.324	8.820
Schulden aan kredietinstellingen	-	968
Stand per 31 december	<u>49.465</u>	<u>35.288</u>

Toelichting op de geconsolideerde resultatenrekening (in € x 1000)

Bedrijfsopbrengsten

Financiering en andere opbrengsten

	2001	2000
Basis- en ENGINE-financiering	15.304	14.972
Samenwerkingsfinanciering	15.647	14.810
	<u>30.951</u>	<u>29.782</u>
Opdrachten en overige financiering	61.133	48.401
Toe-/afnemingsonderhanden werk	-/- 1.573	6.070
Overige bedrijfsopbrengsten	1.167	1.189
Opdrachten en overige financiering, toe-/afname onderhanden werk en overige bedrijfsopbrengsten.	<u>60.727</u>	<u>55.660</u>

Specificatie van de bovengenoemde post naar branche-indeling is:

	2001	2000
Bedrijfsleven binnenland	23.432	20.998
Energiesector binnenland	2.568	3.032
Europese Commissie	7.949	7.795
Bedrijfsleven buitenland	10.237	8.666
Ministeries e.a.	5.244	3.104
Novem e.a.	11.297	12.065
Totaal	<u>60.727</u>	<u>55.660</u>

Geactiveerde productie voor eigen bedrijf

De geactiveerde productie voor eigen bedrijf betreft de eigen bedrijfskosten inzake de door eigen personeel verrichte werkzaamheden en werkzaamheden verricht met behulp van eigen bedrijfsmiddelen die aan investeringen kunnen worden toegerekend of die ten laste van voorzieningen kunnen worden gebracht.

Bedrijfslasten

Personeelskosten

	2001	2000
Salaries medewerkers met een dienstverband voor onbepaalde tijd	36.588	34.080
Kosten medewerkers in tijdelijke dienst en uitzendkrachten	6.020	7.449
Sociale lasten	7.056	4.409
Pensioenlasten	7.294	4.102
Overige personeelskosten	4.685	3.372
Totaal	<u>61.643</u>	<u>53.412</u>

De gemiddelde personeelsbezetting (in fte's) was:

	2001	2000
• Dienstverband onbepaalde tijd	783,8	764,7
• Dienstverband bepaalde tijd (incl. promovendi)	111,3	144,4
Totaal	<u>895,1</u>	<u>909,1</u>

Bovenvermelde bezetting in fte's is exclusief uitzendkrachten.

Afschrijvingen

	2001	2000
Bedrijfsgebouwen, -installaties, -inrichting en terreinvoorzieningen	3.183	2.750
Instrumenten en overige inventaris	3.088	2.947
Goodwill	205	205
Subtotaal afschrijvingen	<u>6.476</u>	<u>5.902</u>
Boekverlies buiten bedrijf gestelde activa	-	2
Totaal	<u>6.476</u>	<u>5.904</u>

Financiële baten en lasten

De specificatie van deze post is als volgt:

	2001	2000
Rentebaten	2.438	3.678
Rentelasten	<u>3.387</u>	<u>3.481</u>
	-/- 949	197
Overige financiële baten en lasten	-/- 1.006	1.116
Totaal	<u>-/- 1.955</u>	<u>1.313</u>

Onder de rentebaten zijn de geactiveerde bouwrente ad € 111 en de leaseopbrengsten molybdeen ad € 883 opgenomen.

Onder rentelasten zijn de rentetoevoegingen aan de voorzieningen voor een bedrag van € 2.737 opgenomen (€ 2.244 in 2000) en de rente over de rekening courant ad € 609.

De overige financiële baten en lasten bestaan voornamelijk uit de afwaardering van de effectenportefeuille ten bedrage van € 713.

Enkelvoudige balans per 31 december (in € x 1000)

Activa			Passiva		
	2001	2000		2001	2000
Vaste activa			Eigen vermogen	10.702	18.709
Materiële vaste activa	33.520	32.243			
Financiële vaste activa:			Voorzieningen		
• Deelnemingen in kennisondernemingen	295	54	Voorziening FUT	3.425	4.452
• Deelneming in NRG	3.315	2.876	Voorziening voor afvloeiingskosten	8.833	10.336
• Overige deelnemingen	840	672	Voorziening voor radioactief afval	40.163	39.249
• Achtergestelde lening verstrekt aan NRG	-	2.178	Overige voorzieningen	1.307	1.431
• Achtergestelde leningen	18	227		53.728	55.468
• Effecten	35.126	39.075			
• Overige vorderingen	1.449	1.942	Kortlopende schulden	50.478	34.101
	74.563	79.267			
Viottende activa			Totaal	114.908	108.278
Onderhanden werk	10.715	13.928			
Vordering op deelneming in NRG	7.449	2.635			
Vorderingen en overlopende activa	22.181	12.448			
	40.345	29.011			
Totaal	114.908	108.278			

Enkelvoudige resultatenrekening (in € x 1000)

	2001	2000
Bedrijfsopbrengsten		
Financiering en andere opbrengsten		
• Basis-, ENGINE-, Samenwerkingsfinanciering Staat der Nederlanden	22.540	21.527
• Opdrachten en overige financiering	33.558	21.110
• Toe-/afnemings onderhanden werk	-/- 3.885	6.089
• Omzet in deelneming NRG	8.278	7.741
	60.491	56.467
Geactiveerde productie eigen bedrijf	1.419	1.496
Opbrengsten uit licentie	228	723
Overige bedrijfsopbrengsten	1.167	1.189
	63.305	59.875
Bedrijfslasten		
Personeelskosten	42.811	35.939
Afschrijvingen	5.592	4.935
Overige bedrijfskosten	20.579	17.881
Inhuur deelneming	1.234	884
	70.216	59.639
Bedrijfsresultaat	-/- 6.911	236
Uitkomst financiële baten en lasten	-/- 2.402	1.045
Resultaat uit gewone bedrijfsuitoefening	-/- 9.313	1.281
Buitengewone baten en lasten	-	-/- 10.745
Enkelvoudig resultaat	-/- 9.313	-/- 9.464
Resultaat groepsmaatschappij	1.306	1.218
Resultaat	-/- 8.007	-/- 8.246

Toelichting op de enkelvoudige jaarrekening (in € x 1000)

Waarderingsgrondslagen

De in de toelichting op de geconsolideerde jaarrekening opgenomen grondslagen zijn tevens van toepassing op de enkelvoudige jaarrekening.

Achtergestelde lening verstrekt aan NRG

In 2001 is de achtergestelde lening aan NRG ad € 2.178, verstrekt ter verbetering van de solvabiliteit van NRG, volledig afgelost.

Bestuurders en Commissarissen

De bezoldiging van bestuurders, inclusief pensioenlasten, bedraagt € 309.

De bezoldiging van de leden van de Raad van Toezicht bedraagt € 54.

Deelneming in groepsmaatschappij

De mutaties in de deelneming zijn als volgt:

Stand per 1 januari 2001	2.876
• Af: Licence Fee 2000	867
• Bij: Resultaat deelneming	1.306
Stand 31 december 2001	<u>3.315</u>

Eigen vermogen per 31 december

	2001	Mutaties in 2001	2000
• Stichtingskapitaal	45	-	45
• Vermogen bestaande uit tot en met 1984 voornamelijk van de Staat der Nederlanden ontvangen investeringsbijdragen verminderd met afboekingen voor toegepaste afschrijvingen	17.562	-	17.562
• Resultaat vanaf boekjaar 1983	-/- 6.905	-/- 8.007	<u>1.102</u>
Totaal	<u>10.702</u>	<u>-/- 8.007</u>	<u>18.709</u>

Petten, 28 juni 2002

Prof.dr. J.C. Terlouw
Voorzitter van de Raad van Toezicht

Drs. P. Wilson
Directievoorzitter a.i

Ir. W. Schatborn
Directeur

Overige gegevens

Accountantsverklaring

Opdracht

Wij hebben de in dit rapport opgenomen jaarrekening 2001 van de Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland te Petten gecontroleerd. De jaarrekening is opgesteld onder verantwoordelijkheid van de leiding van de vennootschap. Het is onze verantwoordelijkheid een accountantsverklaring inzake de jaarrekening te verstrekken.

Werkzaamheden

Onze controle is verricht overeenkomstig algemeen aanvaarde richtlijnen met betrekking tot controleopdrachten. Volgens deze richtlijnen dient onze controle zodanig te worden gepland en uitgevoerd, dat een redelijke mate van zekerheid wordt verkregen dat de jaarrekening geen onjuistheden van materieel belang bevat. Een controle omvat onder meer een onderzoek door middel van deelwaarnemingen van informatie ter onderbouwing van de bedragen en de toelichtingen in de jaarrekening. Tevens omvat een controle een beoordeling van de grondslagen voor financiële verslaggeving die bij het opmaken van de jaarrekening zijn toegepast en van belangrijke schattingen die de leiding van de vennootschap

daarbij heeft gemaakt, alsmede een evaluatie van het algehele beeld van de jaarrekening. Wij zijn van mening dat onze controle een deugdelijke grondslag vormt voor ons oordeel.

Oordeel

Wij zijn van oordeel dat de jaarrekening een getrouw beeld geeft van de grootte en de samenstelling van het vermogen op 31 december 2001 en van het resultaat over 2001 in overeenstemming met in Nederland algemeen aanvaarde grondslagen voor financiële verslaggeving.

Amsterdam, 24 juni 2002

Deloitte & Touche

Leden Raad van Toezicht Adviesraden en Management

Raad van Toezicht

Prof.dr. J.C. Terlouw (voorzitter)
H.A.D. van den Boogaard
Ir. L.M.J. van Halderen, NUON
Drs. P.A. Scholten, Nederlandse Gasunie NV
Ir. A. van der Velden
Dr. N. de Voogd, TU Delft (tot 1 juni 2001)
Prof.dr. W.C. Turkenburg, Universiteit Utrecht
(per 1 september 2001)

Programma Advies Raad

Ir. J. den Boer (tot 1 januari 2002)
Prof.ir. J.P. van Buijtenen, TU Delft
Dr.ir. G.E.H. Joosten, Nederlandse Gasunie NV
Ir. G.R. Küpers, Kandt Management, SDE
Ir. G. Kliffen (tot 1 januari 2002)
Mr.drs. P.W. Kwant, PXT, Shell International BV,
Corporate Centre
W.J. Lenstra, Ministerie van VROM
Ir. P.A.M. van Luyt, Novem
Dr.ir. B. Metz, RIVM
Mw.drs. M. Quené, NUON ID
Prof.dr.ir. W.P.M. van Swaaij, Universiteit Twente
Mr.drs. A.A.H. Teunissen, Ministerie van EZ
Prof.dr. W.C. Turkenburg, Universiteit Utrecht
(tot 1 september 2001)
Ir. J.J. Veenema,
Drs. J.W. Weehuizen, Ministerie van EZ
Prof.dr. J.H.W. de Wit, Corus

Industrieel Advies College

Ir. J.A. Dekker, TNO
Ir. H.G. Dijkgraaf, Shell Nederland BV
Ir. J.G. Dopper, DSM
Ir. H.A. Droog, EPZ NV
Dr. C.J.M. Geenen, Syntens
Drs. L. Knecht, ENECO
Ir. D. Kooman, NUON
B.J. Krouwel, Rabobank Nederland
Ir. R.M.J. van der Meer, Akzo Nobel
Drs. I.L.G. van Melle,
Ir. J.P. Oosterveld, Philips Electronics
Ir. R.Th. Overakker, Siemens Nederland NV
Dr.ir. A.W. Veenman, Stork NV
Ir. A. van der Velden
Drs. G.H. Verberg, Nederlandse Gasunie NV

Externe beoordelingscommissies

• Beleidsstudies

Drs. H.E. Brouwer (voorzitter), Ministerie van EZ
Ing. F.J. de Groot, VNO-NCW

Drs. B.J.M. Hanssen, Algemene Energie Raad
Ir. B.A. Kleinbloesem, Sep N.V.
W.J. Lenstra, Ministerie van VROM
Drs. F. van Nielen, Novem
Ir. E. Postmus, Nederlandse Gasunie
Drs. R. Swart, RIVM

• Energie Efficiency

Ir. H.S. Feenstra, Akzo Nobel Energy BV
Ir. A.G. de Jong, Corus
Ir. B.Ph. ter Meulen, Mola Tech BV
Ir. W.C. Nuijen, Novem
Ir. E.J. Postmus, N.V. Nederlandse Gasunie
Ir. J.W.M. van Rijnsoever, Antheus Magnesium
Mw.ir. T. de Vries, Ministerie van EZ

• Zonne-energie

Dr. A. Goossens, TU Delft
Ing. W. van der Heul, Ministerie van EZ
Dr. G.J. Jongerden, Akzo Nobel
Ir. E.H. Lysen, Utrecht Centrum voor
Energieonderzoek
Ir. E.E. Vlaswinkel, NUON
B. Wiersma, Sunergy
Dr. F.M. Witte, Novem
Prof.dr.ir. R.J.C. van Zolingen, Shell Solar Energy B.V.

• Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving

Ir. W.C.T. Berns, Novem BV
Ir. H.G. de Brabander, Ministerie van EZ
Ir. J.C. Heemrood, Nationaal DuBo Centrum
Ir. H.J.M. van Hout, Algemene Associatie van
Energieconsulenten
P. Juffermans, NUON
Ir. P.C. Kamp
Ir. A. Koedam, AEDES
Mw.ir. B.L.M.D. Renier, Bond van Nederlandse
Architecten
Drs.ing. A. Schuurs, BouwNed

• Windenergie

Ir. G.F. Bakema, ESSENT
Drs.ing. H.W. Boomsma, Ministerie van EZ
J. Klaver, F.M.E.
Ir. W. Kuik, Stentec BV
Prof.dr.ir. G.A.M. van Kuik, TU Delft
Ing. H. Lagerweij, Lagerweij the Windmaster
Ir. E. Luken, Novem
Ir. J. Olthoff, NUON
Drs. H.P.G.M. den Rooijen, Shell
Ir. F.J. Verheij, KEMA
Ing. C.J.A. Versteegh

- **Biomassa**

Ir. A.J.P.M. Atteveld, EPZ
Ing. J.A. Bouman, NV Afvalzorg N-H
Prof.ir. J.P. van Buijtenen
Drs. G.J. van Dijk, Ministerie van EZ
Prof.ir. E.J. van Heugten, Haskoning
Dr.ir. F.P.J.M. Kerkhof, Jacobs Engineering Nederland BV
W.F. Hendrikse, BioMass Nederland BV
Dr.ing. J. Klimstra, Wärtsilä NSD Nederland BV
Ir. K.W. Kwant, Novem
Ir. G.L. Nieuwendijk, NV Huisvuilcentrale N-H
Ir. E.J. Postmus, Nederlandse Gasunie NV
A. Schoonwater M.Sc., NUON
Ing. J.W.L. Spiegelers, Ministerie van VROM
Prof.dr.ir. M. Wolters, GASTEC NV
Dr. W.T.M. Wolters, Electrabel Nederland NV

- **Schoon Fossiel**

M.J. Blijerveld, Ministerie van EZ
Dr.ir. L.J.M.J. Blomen, Blomenco BV
Ir. A. Brouwer, Novem
Dr. G.H.M. Calis, DSM
Drs. B.C.W. van Engelenburg, Ministerie van VROM
W.J.T. van Gemert, Nederlandse Gasunie NV
M.J. Groeneveld, Shell
Dr.ir. A.H.M. Kipperman, Novem
Dr. P.J. Kortbeek, FMLC
Ir. U.P. Lely, ESSENT
E. Middelma, Akzo Nobel BV
Ir. E.A.M. de Nie
Dr.ir. F. van Overbeeke, ENECO

- **Milieu-onderzoek**

Ing. M.M. Allesie, Ministerie van VROM
Dr. A.P.M. Baede, KNMI
F. Bekhuis, Provincie Gelderland
Prof.dr. P.J.H. Bultjes, TNO-MEP
Ing. A.J. Dragt, DHV
Ir. G.J. Heij, RIVM/NOP
Prof.ir. E.J. van Heugten, Haskoning
Prof. L. Hordijk, LUW
Ir. A.A. Jongebreur, IMAG/DLO
B. Krom, Afvalzorg
Ir. W. Ruijgrok, KEMA
P.A.J. Thomassen, ESSO Benelux
Dr.ir. W. de Vries, Alterra
W. Zijlstra, VNO/NCW

- **Nucleair Onderzoek**

Ir. M. van der Borst, EPZ
Dr. H.D.K. Codée, COVRA
Dr.ir. T.H.J.J. van der Hagen, IRI
Ir. G.R. Küpers
Dr.ir. J. van Liere, KEMA

Mw.mr. A. van Limborgh, Ministerie van VROM
Ir. P.H.M. te Riele, URENCO
Mw.dr.ir. A.M.C. van Rijn, Ministerie van EZ
Ir. R.J. van Santen, Ministerie van VROM
Ir. G.C. van Uitert, Ministerie van EZ
Ir. J.J. Veenema
Prof.dr.ir. A.H.M. Verkooijen, TU Delft

ECN Management

- **Directie**

Prof.dr. F.W. Saris, voorzitter
Ir. W. Schatborn

- **Manager Programma Units**

Ir. P.T. Alderliesten, Energie-Efficiency in de Industrie
Ir. H.J.M. Beurskens, Windenergie
Dr. J.J.C. Bruggink, Beleidsstudies
Mr. G.P.J. den Hartogh, Facilitaire Dienst
Dr. C.A.M. van der Klein, Schoon Fossiel
Ir. J.J. Saurwalt, Technologische Services en Consultancy
Prof.dr. W.C. Sinke, Zonne-energie
Prof.dr. H.J. Veringa, Biomassa

- **Staf**

J.M. Bais, Marketing & Innovatie
Dr. R. Blackstone, programmasecretaris (tot 1 april 2001)
H. Bolwijn AC, Financiën
J.A.J. Bos, Personeel & Organisatie
Drs. R.J.T. Dortmundt, directiesecretaris (tot 1 september 2001)
Ir. G. Peppink, programmacoördinator
Dr.ing. J. Prij, programmacoördinator, directiesecretaris (per 1 september 2001)
Drs. J.A.G. Stallinga, Financiën (per 1 oktober 2001)
Dr. H. Willems, Kennisagentschap

- **Directie NRG**

Ir. H. Bergmans
Ir. A.M. van Dort
Ir. A.M. Versteegh
Ir. W. Schatborn, voorzitter (per 10 oktober 2001)

Lijst van afkortingen

AER	Algemene Energie Raad	HFR	Hoge Flux Reactor
AMG	Arbo Management Groep	HIDiC	Heat-Integrated Distillation Column
ATO	Associatie Technologie Overdracht	HR	Hoog Rendement
AWS	Archimedes Wave Swing	HTR	Hoge Temperatuur gasgekoelde Reactor
BIM	BedrijfsInterne Milieuzorg	ICES-KIS	Interdepartementale Commissie Economische Structuurverandering
BIO-WKK	Bio-energie Warmtekracht Koppeling		Kennisinfrastructuur
BIVKIN	Biomassa Vergassings KarakteriseringsInstallatie	ICT	Informatie en Communicatie Technologie
BTG	Biomass Technology Group	IEA	Internationaal Energie Agentschap
BV	Besloten Vennootschap	IF	Ongevallen frequentie index
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek	IMEC	Vlaams Instituut voor Micro-elektronica
CFB	Circulating Fluidized Bed	IMF	Inerte Matrix Fuels
CFD	Computational Fluid Dynamics	INAP	Institut für Angewandte Photovoltaik
CH ₄	Methaan	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
CHE	Compact Heat Exchangers	ISO	International Organization for Standardization
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas	JI	Joint Implementation
CO ₂	Kooldioxide	KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
CPB	Centraal PlanBureau	KVM	Kwaliteit, Veiligheid en Milieu
CRES	Center for Renewable Energy Sources	kW	kilowatt
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research	MARKAL	Model ter ondersteuning van het broeikasgassen-reductiebeleid
CuSCN	Koper(II)thiocyanaat	MEP	Meet- en Evaluatieprogramma
DEGO	Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving	MEXICO	Model EXperiments In COntrolled conditions
DEN	Duurzame Energie Nederland	MIP	Aardgasgestookte fuelprocessor
DeN ₂ O	Verwijdering van lachgas	MKZ	Mond- en KlauwZeer
DeNO _x	Verwijdering van stikstofoxide	MM	Maintenance Manager
DOWEC	Dutch Offshore Wind Energy Converter	MOX	Mixed Oxide
DSM	Dutch State Mines	MS	Management Systeem
EBC	Externe Beoordelings Commissie	Mton	Miljoen ton
EC	European Commission	MW	Megawatt
EET	Ecology, Economy and Technology	MW-PECVD	Remote microgolf plasmadepositie
EGKS	Europese Gemeenschap voor Steenkool en Staal	N	Stikstof
ENGINE	ENergy Generation In a Natural Environment	N ₂ O	Lachgas
EOS	Energie Onderzoek Strategie	NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
EPA	EnergiePrestatieAdvies	NARGUS	Wervelbedverbrandingsinstallatie
EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt	NASA	National Aeronautics and Space Administration
EU	Europese Unie	NIDO	Nationaal Initiatief Duurzame Ontwikkeling
EZ	Ministerie van Economische Zaken	Novem	Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu
EZS	Economische Zaken Subsidie	NOZ	Nationaal Onderzoekprogramma Zonne-energie
FRESCO	Fuel-cell Reduced Emission Scooter	NPCC	Northeast China Power Combustion Research Centre
GDA	Gemeentelijke Dienst Afvalverwerking		
GJ	Giga joule		
HAVA	Hoog Actief Vast Afval		
HEX	Heat Exchange		

NREL	National Renewable Energy Laboratory
NRG	Nuclear Research and consultancy Group
NSW	Near Shore Windpark
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
O&M	Operations & Maintenance
OWECOP	Offshore Wind Energy COst and Potential
P	Fosfaat
PAR	Programma Advies Raad
PBMR	Pebble Bed Modulaire Reactor
PCM	Phase Change Material
PEC	Phoenix Electric Corporation
PEMFC	Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell
PIE	Nationaal energie model
PJ	Petajoule (10^{15} joule)
ppb	parts per billion
ppm	parts per million
PV	Fotovoltaïsche conversie van zonne-energie
PVT	Photovoltaïsch thermisch
R&D	Research and Development
REBUS	Renewable Energy BURden Sharing
RGS	Ribbon Growth on Substrate
RI&E	Risico Inventarisatie en Evaluatie
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Ru	Ruthenium
SDE	Stichting Dienstverlening Energievoorziening
SNN	Stichting Neurale Netwerken
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell
STABTOOL	Stability Analysis Tool
SWEAT	Salt Water Energy Accumulation and Transformation
THF	Third Harmonic Filter
TiO ₂	Titaandioxide
TIS	Technology and Innovation Support
TNO	Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
TREPKA	Tweetrapsvergassingsinstallatie
TU	Technische Universiteit
TUD	Technische Universiteit Delft
TUE	Technische Universiteit Eindhoven
VNCI	Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
WKK	Warmtekracht Koppeling

In het ECN Informatiecentrum in het Forum presenteren Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), Nuclear Research and consultancy Group (NRG) en Institute for Energy of the European Commission (IE) zich, middels posters en demo's. Jaarlijks ontvangt het ECN Informatiecentrum ongeveer 3.600 bezoekers die zich interesseren voor het onderzoek. De jaarlijkse Open Dag vindt plaats tijdens de Wetenschap & Techniek Week in oktober.

Colofon

Publicatienummer	ECN-P--02-001
Coördinatie en eindredactie	ECN Kennisagentschap
Vormgeving & figuren	Eva Stam (Publicatie Services ECN) Onno Bos (Publicatie Services ECN)
Druk	Dékavé BV (Alkmaar)
Foto's	Aris Homan (ECN Publicatie Services) Frans van Hulle (ECN Windenergie) Jos Beurskens (ECN Windenergie) Cora Blankendaal (ECN Beleidsstudies) Frans Nieuwenhout (ECN Zonne-energie) Axel Schönecker (ECN Zonne-energie) Hugo de Moor (ECN Zonne-energie) Piet Glas (ECN Schoon Fossiel) Ger Beckers (ECN Schoon Fossiel)

ECN

Westerduinweg 3

Postbus 1

1755 ZG Petten

Telefoon: (0224) 56 49 49

Telefax: (0224) 56 44 80

E-mail: corp@ecn.nl

WWW: <http://www.ecn.nl/>