



Agentschap NL  
Ministerie van Economische Zaken,  
Landbouw en Innovatie

# Een gebouw dat leeft

*Lessons Learned nieuwbouw NIOO*

*>> Als het gaat om energie en klimaat*

# *Een gebouw dat leeft*

*Lessons Learned nieuwbouw NIOO*

## **Geïnterviewden**

Louise Vet, directeur NIOO

Dick van Wageningen, projectarchitect Claus en Kaan architecten

Henk Peters, projectleider bouwbedrijf Berghege

Arie Huisman, manager installatie-advies DWA installatie- en energieadvies

Paul van Bergen, directeur DGMR

Jos Veenendaal, directievoerder Archisupport

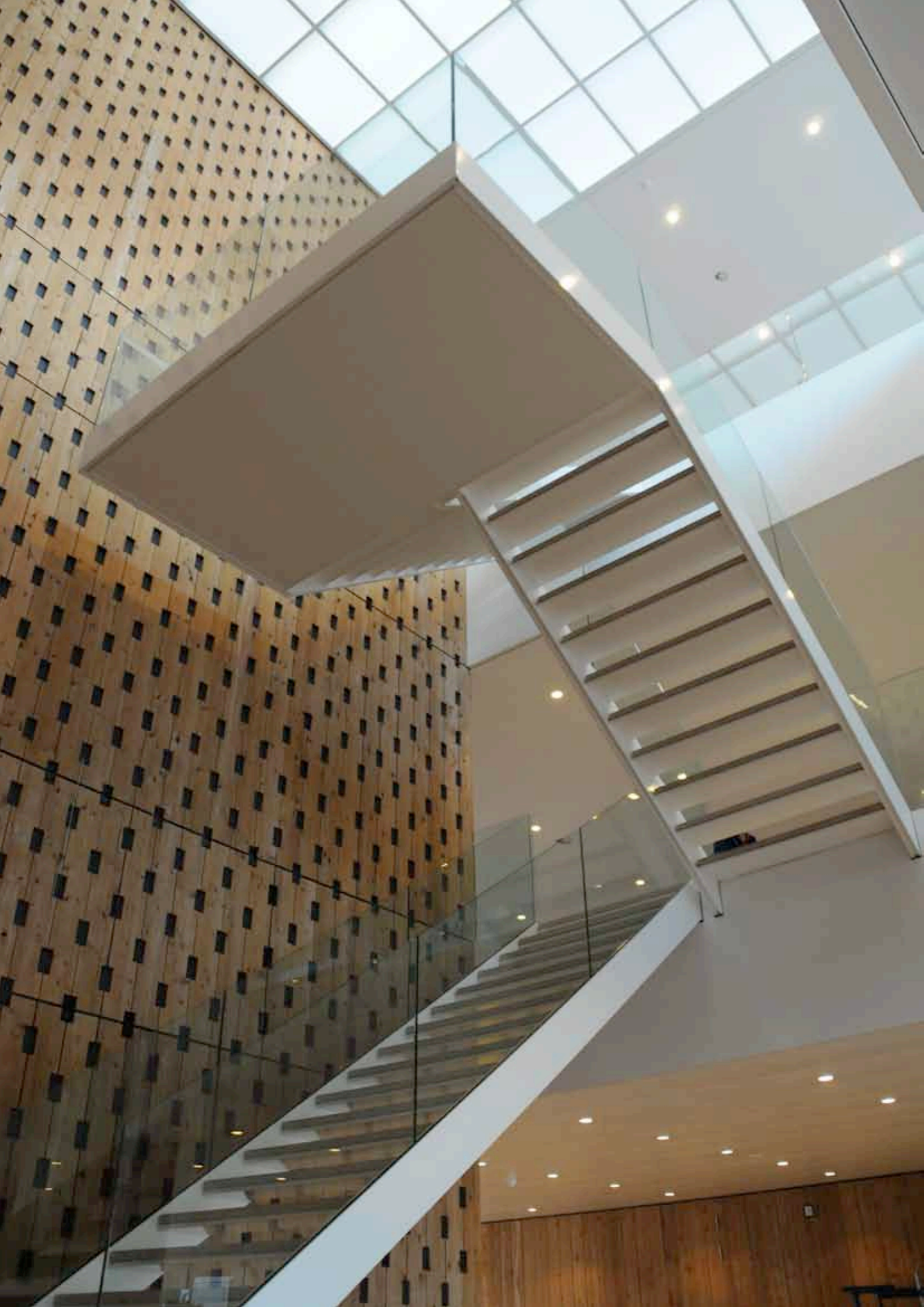
Jeroen van Schaijk, projectmanager Burgers Ergon

Petra van den Berg, directeur bedrijfsvoering NIOO

Marco Westerhof, communicatie NIOO- Arie Hui

Frans Nillesen, adviseur Agentschap NL

Irma Thijssen, adviseur Agentschap NL



# Inhoud

<i>Introductie</i>	6
<i>Bouwfeiten</i>	9
<i>Lessen op een rij</i>	12
<i>Lessons Learned</i>	15

# Introductie

## Aanleiding voor dit document

*In 2011 verliet het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) zijn vestigingen in Nieuwersluis en Heteren, en trok in een nieuw gebouw bij de campus van de Wageningen Universiteit. De kersverse huisvesting is niet alleen een architectonische blikvanger, maar mag zich ook één van de meest duurzame gebouwen van Nederland noemen. Daar is een jarenlang proces aan vooraf gegaan, met veel ambitie en inspanningen van de betrokken partijen. Kijkend naar het resultaat kunnen we vaststellen dat er uitzonderlijke prestaties zijn geboekt, met innovatieve vondsten en experimenten. Natuurlijk zijn er ook dingen minder goed gegaan of misrekeningen gedaan. Het ligt in de aard van een wetenschappelijk instituut om uit alles lering te trekken en die lessen te delen, het liefst met belanghebbenden die het stokje over willen nemen om het nog duurzamer en beter te doen. Deze Lessons Learned zijn eigenlijk vooral voor hen bedoeld.*

*De lessen zijn in opdracht van Agentschap NL door opgesteld, op basis van een evaluatiedag met de bouwende partijen, studie van documenten en gesprekken met de meest betrokken partijen. Deze Lessons Learned zijn er vooral gekomen dankzij hun ruimhartige medewerking en openhartigheid.*

### Over het NIOO en de KNAW

Het NIOO bestudeert wereldwijd hoe de natuur werkt: in de zee, op het land en in zoetwater. Daarbij kijken onderzoekers naar het DNA van bacteriën, naar de biodiversiteit van complete ecosystemen en alles daartussenin. De verworven ecologische kennis kan helpen om bijvoorbeeld klimaatsverandering, biologische invasies en ingrijpende veranderingen in het landgebruik op te lossen. Het NIOO staat internationaal hoog aangeschreven als wetenschappelijk instituut.

Het NIOO is organisatorisch een onderdeel van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW). Als forum en geweten van de wetenschap bevordert de KNAW de kwaliteit van de wetenschap. Daarnaast bevordert de Akademie de rol van de Nederlandse wetenschap in de culturele, sociale en economische ontwikkeling van de samenleving. De KNAW was overigens ook formeel de opdrachtgever voor realisatie van het NIOO-gebouw.

### Nieuwbouw met hoge ambitie

Het denken in natuurlijke kringlopen en het bestuderen van ecosystemen is de core business van het NIOO. Misschien dat het NIOO daarom een vurige wens koesterde om volgens de Cradle to Cradle filosofie te bouwen. Volgens die benadering is een gebouw niet schadelijk voor het milieu en de natuur, maar probeert er een harmonieus

onderdeel van te zijn, en draagt er zelfs positief aan bij. De ambitie was dus torenhoog. In deze publicatie zal blijken dat dit ideaal niet in elk opzicht bereikt is, maar er opmerkelijke reuzenstappen in de goede richting zijn gezet. Een paar highlights:

- Bodemopslag van warmte en koude, met een primeur voor hoge temperatuur opslag
- 70 á 80% energiebesparing (warmte/koude)
- Ruime toepassing van zonne-energie
- Geen afhankelijkheid meer van aardgas
- Hergebruik van warmte uit bedrijfsprocessen en proefkassen
- Gebruik van zoveel mogelijk Cradle to Cradle bouwmaterialen
- Geen giftige coatings, schuimen of verven (en 80 procent minder gebruik van kit)
- Sterke verrijking van de aanwezige flora en fauna rond de gebouwen
- Flexibel gebouwontwerp met een lange levensduur
- Groot vegetatiedak, deels ingericht op experimenten
- Experimentele biologische zuivering van eigen afvalwater, met fosforterugwinning door algen
- Algenkweek als meststof voor landbouw, of grondstof voor bioplastics
- Esthetisch hoogstaand, mensvriendelijk en ergonomisch ontwerp



### Geen eenmalig hoogstandje

De winst van deze nieuwbouw ligt in de integrale benadering waarbij niet uitsluitend naar het bouwkundig of installatietechnische energetische milieuresultaat wordt gekeken. Anders dan veel gangbare duurzaam bouwen projecten, waar de nadruk ligt op een bepaald eindresultaat of rapportcijfer bij oplevering, heeft het NIOO iets extra's te bieden bovenop de eenmalige bouwprestatie: het gebouw 'evolueert' en blijft de komende decennia nieuwe duurzame resultaten opleveren en verspreiden. Bijvoorbeeld als gevolg van de experimenten met hoge temperatuuropslag van warmte, een groen dak, duurzame zuivering van menselijk afvalwater, de ecologische terreininrichting, het benutten van algen voor duurzame producten en nieuwe generaties zonnecellen.

### Raad, daad en geld

Agentschap NL speelde een belangrijke rol bij het nieuwbouwsucces van het NIOO. Agentschap NL is onderdeel van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Het maakt zelf geen beleid, maar helpt de uitvoering ervan op de gebieden van duurzaamheid, innovatie en internationale samenwerking. Die uitvoering wordt bevorderd door raad, daad en geld ter beschikking te stellen aan een groot aantal projecten, gemeenten, bedrijven en andere partijen in Nederland. Agentschap NL treedt vaak op als nationale kennismakelaar, waarbij innovatieve partijen en expertise bij elkaar worden gebracht om te voorkomen dat overal wielen worden uitgevonden, om ervoor te zorgen dat kennis wordt gedeeld en verspreid, en om te stimuleren dat innovaties sneller gemeengoed worden. Bij de nieuwbouwplannen van het NIOO heeft Agentschap NL als volgt een bijdrage kunnen leveren:

- Intensieve adviesessie ('power consult') waarbij diverse experts van Agentschap NL voor het NIOO bij elkaar werden gezet om de bouwplannen verder op weg te helpen.
- Het verstrekken van subsidies (EOS Demo, EOS NEO en EOS LT, SBIR, Schoon Nederland) voor innovatieve onderdelen van het bouwplan (WKO, biodiversiteit terreininrichting, stroom uit planten, algenproject);
- Bij elkaar brengen van partijen en bemiddelen bij onderhandelingen met de provincie over vergunningen;
- Publiceren van deze Lessons Learned over de bouw van het NIOO.
- Film nieuwbouw NIOO, zie: [www.new-energy.tv/e\\_besparing/het\\_duurzaamste\\_laboratorium\\_van\\_nederlandz.html](http://www.new-energy.tv/e_besparing/het_duurzaamste_laboratorium_van_nederlandz.html)

### Leeswijzer

Dit leerdokument is als volgt opgebouwd. Eerst volgt een kennismaking in de vorm van een aantal concrete feitelijke gegevens en geleverde duurzaamheidsprestaties. Die achtergrondbagage geeft de lezer de nodige context en harde feiten om het belangrijkste hoofdstuk te begrijpen: de Lessons Learned. De 24 lessen zijn in 6 thema's ondergebracht. Als uitgangspunt is genomen dat:

- Lessons Learned meer moeten zijn dan het opsommen van successen en fouten. Er is geprobeerd om de lessen zo te formuleren dat ze generieke waarde krijgen, en eventueel zelfs direct inzetbaar zijn door belanghebbende lezers;
- In het verlengde daarvan was het persoonlijk functioneren van mensen en organisaties die betrokken waren bij de bouw niet interessant als les voor anderen. Zulke informatie wordt daarom in deze publicatie niet vermeld. Wel bevat de publicatie enkele persoonlijke citaten.

# Bouwfeiten



Voordat de geleerde lessen worden beschreven, is het goed om eerst een zo compleet mogelijk overzicht te geven van de belangrijkste concrete gegevens over de bouw en duurzaamheid van het NIOO. Dat overzicht is met name nuttig omdat niet elk duurzaamheidsdetail, niet alle materiaalkeuzes of toepassingen in de lessen aan bod zullen komen.

Algemene bouwfeiten	
Realisatiekosten	€ 33 miljoen (inclusief laboratoria/onderzoeksinfrastructuur) € 2.360,- per m2 bruto verhuurbare oppervlak (BVC)
Functies	Kantoren, laboratoria, werkplaatsen, kassen, vogelverblijven, proefakkers
Volume	14.000 m2 op 4 hectare grond
Aantal medewerkers	170
Planvorming	2006-2009
Aanbestedingsvorm	Volgens laagste prijs (Europese aanbesteding)
Bouwtijd	21 maanden
Oplevering	Januari 2011 (bouwwerken)
Website	www.nioo.knaw.nl
Meer info bij	communicatie@nioo.knaw.nl
Bezoekadres	Droevendaalsesteeg 10, 6708 PB Wageningen

Meest betrokken bouwpartijen	
Overheden	Gemeente Wageningen, Provincie Gelderland
Opdrachtgever	NIOO-KNAW
Architect	Claus en Kaan Architecten
Hoofdaannemer	Bouwbedrijf Berghege
Nevenaannemers	Burgers Ergon installatietechniek (werktuigbouwkundige installaties)
Imtech (elektrotechnische installaties)	2006-2009
Installateurs/leveranciers	Cofely (klimaatkamers)
Consolidated/Daklab (groen dak)	21 maanden
Landustrie/Desah (vergister, vacuümtoiletten)	Januari 2011 (bouwwerken)
Lek Habo groep (duurzame kassenbouw)	www.nioo.knaw.nl
Teambegeleiding	Motion Consult
Kennismakelaar en subsidies	Agentschap NL
Adviseurs	Archisupport (directievoering) Arup (constructie advies) DWA (adviseur energiesysteem en -installaties) DGMR (adviseur duurzaamheid, bouwfysica en brandveiligheid) IF-technology (advies bodem energieopslag)  <i>Met medewerking van: Waterschap vallei en Eem, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Wageningen Universiteit, Provincie Gelderland, Vlinderstichting, Stichting Heg en Landschap, Vogelbescherming Nederland, Wagening's Milieuoverleg, Agentschap NL</i>

Duurzaamheidsprestaties Gemeente Wageningen, Provincie Gelderland		
Aspect	Prestatie	Opmerking
GPR Gebouw	8,5 Rapportcijfer	Maximale score is 10
Green Calc+	Milieu Index Gebouw (MIG) =300	
Benchmark	Nioo is één van de meest duurzame utiliteitsgebouwen van Nederland	Verkiezing duurzaamste gebouw door Vara's Vroege Vogels en Vakblad de Ingenieur
2. Energie		
Besparing primaire energie	70 á 80%	Op koeling en verwarming
Reductie uitstoot CO <sub>2</sub>	65%	250 Ton per jaar minder
Terugverdientijd energieconcept	10-15 Jaar	
EPC kantoordeel	< 0,3 (Q/q=0,47)	
Ventilatie	Hybride (natuurlijk en mechanisch)	Co <sub>2</sub> sensoren in kantoren
Warmte/koeling	Centrale warmtepompen en betonkernactivering Hoge temperatuur opslag (hto: 45-40 graden) 300 meter diep, vooral gevoed door 116 zonnecollectoren (478 m <sup>2</sup> ) 'Reguliere' wko op 80 meter diepte	Slangen in druklaag beton Ht-bron verwarmt kantoor, waarbij warmtepomp minimaal wordt gebruikt Opvang proceswarmte gebouw en proefkaswarmte
Warm tapwater bereiding	Zonneboiler en kleine elektrische boilers in bijgebouwen	
Verlichting	Led lampen, auto. dimregeling, aanwezigheidsdetectie	Led in kantoren en algemene ruimten, niet in labs
Elektriciteit	• Solarfilm pv in dakbedekking ( 2.000 Kwh/jaar) • Suncycle pv panelen (40.000 Watt, 200 m <sup>2</sup> ) • Inkoop groene stroom	Suncycle: panelen met lenzen die zon concentreren op kleine siliciumplaatjes. Opbrengst 30% hoger dan gewone panelen
Isolatie	Argongevuld hr-glas, vlas, foamglas (dak en vloer), cellulose, schapenwol (rond luchtkanalen)	Houten gevels bijgebouwen, sedum koelt kantoordak
Zonwering	Overstekken (houten roosters) en zak/uitvalscreens	Screens alleen aan oostzijde
3. Grondstoffen		
Algenkweek	Algen halen nutriënten uit zwart afvalwater en leveren na oogst fosfor en stikstof	Algen ook bruikbaar als grondstof voor bioplastics
Bulk materiaalgebruik bouw	Staal, glas, hout, beton zijn op hoogwaardige wijze te recyclen (behalve beton)	In geest van cradle to cradle filosofie
Geen schadelijke materialen	Waar mogelijk geen pvc, geen halogeenhoudende kabelmantels (pe met mbzh compound), weinig portlandcement, geen epoxy gietvloeren	
Zeer nauwkeurige ruwbouw	Veel droog gemonteerd, 80% minder kit of pur	Door minieme toleranties
Duurzaam hout	Kozijnen western red cedar, rest plathout (geïmpregneerd voor brandwerendheid)	Foreco safewood (milieuvriendelijke methode)
Duurzame materialen (overig)	Epdm dakbedekking, gepolijste betonvloeren	
4. Ecologie		
Oppervlaktewater	Ecologisch ingerichte afwateringssloot en vijver	
Omheining terrein	Grondwal met vleermuiskelder, oude inheemse kruidensoorten, biodiverse vlechthekken, sloten	Haagsoorten met doornen als natuurlijk 'prikkelraad'
Terrein	Oude elzenstoven en knotwilgen die moesten wijken zijn in depot gezet en teruggeplant	
Sedumdak hoofdgebouw	Grotendeels sedum/kruiden	
Experimentendak hoofdgebouw	¼ Dak voor experimenten met water/vegetatie	Diverse sensoren in dak
5. Water		
Bestemming hemelwater	Sedumdak, infiltratie terrein, sloot, vijver	Geen hemelwaterriool
Grijs water kantoor/laboratorium	Nazuivering in helofytenfilter	Kringloop water/nutriënten
Zwart afvalwater	Van vacuümtoilet (spoeling met 0,5 liter) via buffertank naar biovergister (methaanproductie), effluent vergister is voedsel voor algenkweek, nazuivering in helofytenfilter	Deze techniek voor humaan afvalwater is nog nergens op deze schaal toegepast
Spoelwater toiletten	Met grondwater	

# Lessen op een rij

12

## Bouwproces



- De directie moet zijn volle gewicht in de schaal blijven zetten
- Reële kostenraming baant het pad voor een duurzaam resultaat
- Kapitaliseer geplande besparingen van energiemaatregelen om deze nu te kunnen investeren
- Behoeftte aan en fulltime aanspreekpunt van de gebruiker tijdens de bouw
- Sommige aanbestedingsvormen lenen zich beter voor duurzaam bouwen
- Esthetiek en milieuprestatie kunnen samen oplopen, tot op zekere hoogte
- Ook voor duurzaamheid is het Technisch Ontwerp de cruciale fase
- Communiceren en vertrouwen in plaats van juridische steekspellen

## Integrale gebouwkwaliteit

- Duurzaam gebouwontwerp is een zoektocht
- Architect vindt het zuivere midden tussen duurzaamheid en modern design
- Sommige gebouwen kunnen blijven evolueren in duurzaamheid



## Energie

- Energieopslag 'tussen geothermie en WKO in' heeft grote toekomst
- De combinatie van WKO met HTO kan leiden tot meer dan 70% besparing
- Bouwen kan nu (bijna) helemaal met LED verlichting
- NIOO profileert zich als proeftuin van nieuwe zonne-energie
- Werkgebouwen kunnen nog niet echt zonder inkoop groene stroom
- Uitwendige zonwering nog gemakkelijk over het hoofd gezien



## Grondstoffen

- Bouwen met alleen primaire bouwmaterialen is al halfweg Cradle to Cradle
- Mooi bouwen met duurzaam FSC hout is geen probleem meer
- Stalen bouwskelet heeft voorkeur boven beton, maar is niet altijd haalbaar
- Bouwen met tachtig procent minder kit of gif is nu haalbaar

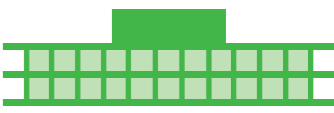
## Water

- Het NIOO gebouw is een gastheer voor innovatieve samenwerkingsverbanden
- Rioolwater wordt een bron van kunstmest en bioplastics



## Biodiversiteit

- Nieuwbouw kan de natuur soms echt vooruit helpen
- Hoe te voorkomen dat een sedumdak na 7 jaar uit mos bestaat
- Er is een ecologisch alternatief voor hekken en prikkeldraad



Duurzaam succes

13



# *Lessons Learned*





# Bouw- proces

## Een directeur zet de toon

De directie van een bedrijf of instelling dat wil gaan bouwen draagt een grote verantwoordelijkheid voor het uiteindelijke bouwresultaat. Of in meer positieve termen, de directie heeft het voorrecht om daar een eigen stempel op te drukken. De directeur van het NIOO beseft dat heel goed. Bovendien vond zij het niet meer dan logisch dat een topinstituut, dat zich met grote ecologische vraagstukken bezighoudt, een gebouw laat neerzetten dat daarbij past. In 2009, vlak voor de start bouw, gaf de directeur een toespraak voor de verzamelde bouwpartijen die onomwonden de toon zette en waar de partijen soms na twee jaar nog steeds aan refereren. De architect zegt daarover: "Het was direct duidelijk dat het hier niet om de gebruikelijke lippendienst ging, maar dat het NIOO duurzaamheid echt bovenaan had gezet." De architect was blij met zo'n opdrachtgever, zelfs als dat betekende dat "het NIOO doordrukte tot zij hun zin kregen". De ambities waren vanaf het begin erg hoog, en de directeur verwachtte van alle bouwende partijen dat zij tot het uiterste gingen. Volgens adviseur DGMR was dat verstandig: "Voor echte innovatie moet je de lat niet hoog, maar juist net té hoog leggen." Deze spanningsboog lijkt noodzakelijk om iedereen uit zijn comfort zone te halen, de beproefde oplossingen te verlaten en iets nieuws te proberen. Het NIOO heeft dat tot aan het eind volgehouden, ook als het flink tegenzat en de directeur de inzet moest verhogen met: "Heren, mijn kop eraf, dan ook jullie kop eraf!"

Het is goed om erop te wijzen dat de directeur in dit geval zelf ook inhoudelijk behoorlijk op de hoogte was en wist wat zij wilde. Bij organisaties met bouwplannen, waar van de directie zulke kennis niet verwacht mag worden, kan de directeur wel de toon zetten, maar begeeft zich op glad ijs als het om de inhoud gaat. In dat geval zou de directie zich kunnen laten bijstaan door een onafhankelijk expert die hen op strategisch niveau bijstaat. Een paar generieke lessen uit de bouw van het NIOO:

- Een instelling die gaat bouwen, en zelf duurzaamheid hoog in het vaandel heeft staan, moet opdracht geven tot het realiseren van een duurzaam gebouw;
- Een excellent resultaat wordt alleen geboekt als de directie daar expliciete steun aan verleent, die merkbaar

- verder gaat dan een lippendienst;
- De directie staat daarbij sterker als zij zich op strategisch niveau inhoudelijk laat bijstaan gedurende het hele proces;
- Leg de lat hoog, en het wordt een bevredigend, state-of-the-art, duurzaam gebouw;
- Leg de lat iets te hoog, en de kans bestaat dat het óf project mislukt, óf een evolutiesprong maakt als voorbeeld voor de hele bedrijfstak;

## Reële kostenraming baant het pad

Het NIOO maakt onderdeel uit van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW). De bouw werd dan ook gefinancierd door het KNAW. Nog voor er sprake was van een architect of bouwplan liet het KNAW een globale kostenberekening maken door een extern bureau. Hoewel de berekening rammelde, met name omdat bouwkosten voor de benodigde onderzoeksinfrastructuur te laag werden geraamd, kwam het toch aan de basis te staan van het bouwbudget dat het KNAW beschikbaar stelde.

Die misrekening bleef het project tot aan het eind toe achtervolgen. Het NIOO moest richting het KNAW voortdurend knokken voor een reëel bouwbudget waarbij de duurzaamheidsambities overeind konden blijven. De financiering van een duurzaam gebouw, en met name de meerkosten voor innovaties en energiebesparende voorziening, is vaak lastig. Het NIOO wist op bestuursniveau te regelen dat de verwachte energiebesparingen over de exploitatie van 15 jaar naar voren gehaald konden worden. Met dit budget zijn de meerkosten voor diverse energiebesparende voorzieningen gefinancierd.

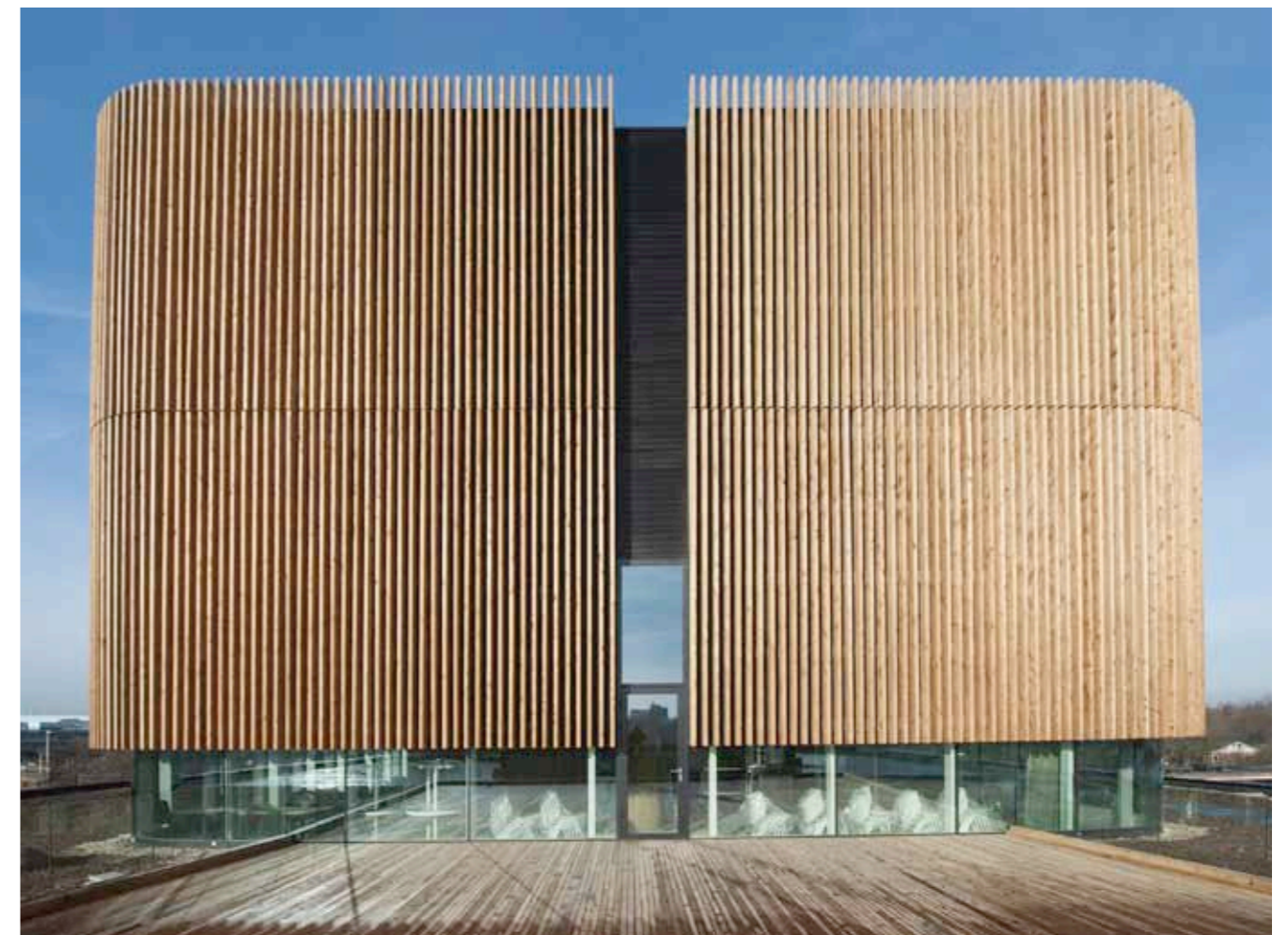
Over de kostenraming en financiering kunnen de volgende leerpunten worden opgetekend:

- Voor het bepalen van het bouwbudget is een goed onderbouwde kostenraming noodzakelijk, anders is de start al meteen verkeerd;
- De extern betrokken bouwkostenadviseur dient kennis te hebben van duurzaam bouwen en andere eventuele specifieke ambities om een goede kostenraming te kunnen maken;



**“Ik wilde dat het gebouw zoveel mogelijk volgens de Cradle to Cradle gedachte werd gerealiseerd, en een soort proeftuin zou zijn voor duurzame innovaties. Dat hoorde gewoon bij onze verantwoordelijkheid als ecologisch onderzoeksinstituut...”**

Louise Vet directeur NIOO



- Hoge duurzaam bouwen ambities vergen vaak hogere aanvangsinvesteringen, maar sommige maatregelen (m.n. energie) verdienen zich financieel terug. Belangrijk is dat bij kostenafwegingen gerekend wordt met de totale kosten over de hele exploitatietermijn: bouw- en exploitatiebudget moeten dus niet onafhankelijk van elkaar worden gezien;
- Duurzaamheid heeft ook een maatschappelijk rendement (bijvoorbeeld in het kader van MVO) en dat laat zich desnoods in geld uitdrukken. Daarvoor zijn diverse methoden in omloop.

### Het nut van een bouwpastoor

Het NIOO-KNAW is een onderzoekinstelling en geen vastgoedontwikkelaar. Hen ontbrak de kennis en ervaring om als professioneel opdrachtgever de nieuwbouw te begeleiden. Dat was een riskante onderneming, want het ging hier om een complex bouwproject, waar hoge investeringen mee gemoeid waren. Er was wel een kundig bouwmanager ingehuurd, maar zijn taak was in de eerste

plaats om namens de KNAW het werk van de aannemer, diens onderaannemers en de installateurs in goede banen te leiden. Hoewel hij natuurlijk oog had voor de wensen van de toekomstige gebruiker, was het niet zijn rol om het NIOO te vertegenwoordigen. Het NIOO loste dit op door het hoofd facilitaire bedrijfsvoering met deze coördinatie te belasten, en ook de directeur zat er zo goed mogelijk bovenop. Maar de partijen misten dat ene, altijd beschikbare, aanspreekpunt voor het NIOO. Zij hadden afwisselend te maken met inbreng van de directeur, het hoofd facilitaire zaken, de KNAW als de formele opdrachtgever (financier) en anderen.

Terugkijkend is het NIOO van mening dat zij er beter aan had gedaan om iemand aan te stellen (in hun termen een 'bouwpastoor') die in de fase van bouwplan en uitvoering als gedelegeerd opdrachtgever had gefungeerd, en ook de afstemming tussen de bouw en het NIOO zelf had gewaarborgd. Want los van de bouwplaats moest er ook binnen het NIOO zelf veel gebeuren: eisen en wensen van medewerkers verzamelen, coördineren waar aansluitingen moesten komen in laboratoria en kantoren. Hoewel het eindresultaat wonderbaarlijk op zijn pootjes terecht is gekomen,

heeft het ontbreken van een bouwpastoor vanuit het NIOO tijdens de bouw best wat hoofdbrekens opgeleverd, en ook af en toe een buis of leiding die op de verkeerde plek uit de vloer dreigde te komen. De lessen die het NIOO op dit punt zou willen trekken:

- Niet-professionele opdrachtgevers doen er verstandig aan om vanaf het begin iemand in te huren die namens de opdrachtgever spreekt en in het bouwteam zit;
- Deze 'bouwpastoor' heeft een bouwkundige en/of bouwmanagement achtergrond, maar is bij voorkeur ook goed bekend met de specifieke bedrijfsprocessen;
- De functionaris werkt zowel naar binnen toe (de opdrachtgever intern organiseren) als naar buiten toe (naar de bouwende partijen).

### Aanbesteden op duurzaamheid

Volgens de wettelijke bepalingen moest de KNAW (de formele opdrachtgever) het bouwproject Europees aanbesteden. Die aanbesteding ging volgens het gangbare model en er werd op basis van de laagste prijs gegund. Specifieke kennis van met duurzaamheid speelde geen grote rol bij de keuze van de bouwende partijen (uiteraard wel van de adviseurs). Zo stond de architect niet bekend als typische 'duurzaam bouwen' architect, maar hij was wel bereid zich met frisse blik op dat thema te storten. Dat gold ook voor de bouwkundig aannemer, die overigens wel ervaring had met laboratoriumbouw. De werktuigbouwkundig aannemer had vaker warmte/koudeopslag installaties gebouwd, wat vanzelfsprekend een voordeel was.

Terugkijkend zijn de meeste bouwpartijen van mening dat een andere aanbestedingsvorm passender was geweest voor dit soort projecten met bijzondere duurzaamheidsambities. De meningen lopen echter uiteen over welke vorm. In de gesprekken kwamen vooral drie modellen naar voren:

1. **Aanbesteden op kwaliteit.** Ook in dit model wordt er 'gewoon' Europees aanbesteed, maar bij gunning aan een partij wordt zwaarder geselecteerd op bijvoorbeeld diens ervaring met duurzaam bouwen, innovatieve portfolio, creatieve voorstellen en dergelijke. De gunning gaat niet per se naar het goedkoopste maar naar het beste voorstel;
2. **Ontwikkelen in een bouwteam.** Het bouwteam bestaat in allerlei varianten, maar in principe stelt de opdrachtgever zelf een team samen met een architect, aannemer, installateurs, adviseurs, leveranciers en dergelijke, waarmee het bouwplan wordt ontwikkeld en/of uitgevoerd. Het idee is dat een doordachte selectie kan worden gemaakt van teamleden, op grond van vroegere ervaringen, chemie en vertrouwen tussen de leden, specifieke kennis en ervaring en optimale samenwerkingsverbanden. Bij dit model is men soms beducht voor

**“Bij een bouwproject dat zo bol van ambities staat, met zoveel betrokken partijen, is communicatie van levensbelang. Niet alleen voor het technische bouwproces, maar ook voor de informatievoorziening naar de eigen achterban en voor een uniforme uitstraling in de media. Alleen dan komen integraliteit en duurzaamheid volledig tot hun recht.”**

Marco Westerhof communicatie NIOO

- 'achterover hangen' van de bouwteamleden, omdat zij de opdracht al binnen hebben en er niet hard voor hoeven te lopen. Anderzijds worden vaak goede resultaten geboekt met op elkaar ingespeelde bouwteams;
3. **DBFMO aanbesteding.** De Rijksgebouwendienst hanteert zelf ook het DBFMO-model. Volgens dit principe geeft een opdrachtgever een programma van eisen aan een consortium van partijen. Dat consortium zorgt voor het ontwerp van het gevraagde gebouw, laat het bouwen, financiert de bouw, zorgt voor het onderhoud en de eventuele gebouwsservices tijdens het gebruik (Design, Build, Finance, Maintain, Operate). Het is vergelijkbaar met de 'aankoop' van een leaseauto; je mag eisen stellen aan het type auto en diens prestaties, en verder heb je er geen omkijken meer naar. In het programma van eisen kan de opdrachtgever zo gewenst ook allerlei Cradle to Cradle eisen opnemen. Het grote voordeel van dit model is dat het consortium zowel degene is die investeert als degene is die exploiteert. Het is allemaal dezelfde portemonnee. In dat model zijn milieu-investeringen geen probleem, mits het consortium dat zelf weer terugverdient in de waarde of exploitatielasten van het gebouw.

Elk van deze modellen heeft zijn eigen voor- en nadelen, die we hier niet verder zullen uitdiepen. Toch zit er een gemene deler in deze aangedragen modellen:

- Voor het realiseren van zo'n ambitieus gebouw, met een heel specifieke opgave, heeft het duidelijke voordelen om



zelf een team samen te stellen van ontwerpers, adviseurs en uitvoerders, die al vanaf het eerste ontwerp stadium meedenken en samen het ontwerp integraal beoordelen, optimaliseren en op details afstemmen;

- Het is wenselijk om een financiële constructie te maken waarbij investeringen en exploitatielasten als communicerende vaten werken. Zo mocht het NIOO (met instemming van de KNAW) de te verwachten energiebesparing over de komende 15 jaar naar voren halen, en extra investeren in duurzame energiemaatregelen. De middelen kwamen uit de eigen reserves van het NIOO;
- Voor een instituut van ecologen (NIOO) en wetenschappers (KNAW) is het eigenlijk een riskante, en haast te zware taak, om zelf het opdrachtgeverschap voor een nieuw gebouwencomplex te dragen, het ontwerp in goede banen te leiden, de aanbesteding te doen, de sores tijdens de bouw te overleven en het hele onderhoud te laten doen, inclusief de services die bij de complexe installaties horen. Daarom kan het geen kwaad om in vergelijkbare gevallen een DBFMO-achtig model te onderzoeken, waarbij de opdrachtgever heel veel aandacht besteedt aan de prestatie-eisen, maar het vervolg in handen geeft van een groep professionele partijen. Dat zou overigens nog een heikele onderneming zijn, want het gaat bij een onderzoeksinstituut wel om zeer specifieke bedrijfsprocessen die nauw luisteren.

### Balans tussen functie en esthetiek

Het was een bewuste keuze om een architect in de arm te nemen die zwaar tilt aan de esthetische kwaliteit van het gebouwoontwerp, niet alleen van de grote lijn, maar tot in elk detail. Dat heeft ontegenzeggelijk zijn vruchten afgeworpen. Het gebouwaanzicht en het interieur heeft internationale allure en is oogstrelend van vorm, kleur, lichtinval en detaillering. Misschien dat daarom ook andere vakbladen en publieksmedia op het gebouw afkomen, dan alleen de gangbare duurzaam bouwen bladen.

Betrokken partijen hebben daar ook enkele kanttekeningen bij geplaatst. Volgens de uitvoerders was esthetiek soms wat te leidend gedurende het bouwproces. Illustratief daarvoor was de 'RAL 9016 kwestie'. De architect wilde erg graag precies die RAL kleur gebroken wit. Ondanks protesten zijn uiteindelijk alle stalen plafondplaten en lichtarmaturen overgespoten. De architect wijst er op dit punt op dat de gewenste kleur reeds in het bestek stond, en de aannemer dat in een vroeg stadium had kunnen weten.

De vereiste kleuren en materialen, en de ongewoon kleine toleranties qua detaillering, hebben naar verhouding veel tijd, extra moeite en discussie gevegd. Tijd is uiteindelijk altijd geld, dus ergens moet daarvoor de prijs zijn betaald. Zou de milieuprestatie van het bouwproject nog groter zijn geweest als esthetische perfectie minder bovenaan had

gestaan? Daarover zijn de meningen verdeeld, maar het is een interessant debat.

- De keuze voor een sterk op esthetiek gerichte architect heeft NIOO een prachtig gebouw opgeleverd, en de internationale allure maakt duurzaam bouwen 'salonfähig';
- Daardoor gaat wel extra tijd, energie en geld zitten in de uiterlijke verfraaiing van het gebouw en al zijn details;
- Bouwbestekken waarin niet gangbare ambities zijn verwerkt qua innovatie, esthetiek en duurzaamheid, vereisen een extra overlegronde tussen opdrachtgever, aannemer en architect voordat de uitvoering begint. Dit om eventuele misverstanden te vermijden.

### Cruciale fase van het Technisch Ontwerp

Voor de bouwleken onder ons: het traditionele traject tussen de wens om iets te bouwen en de uiteindelijke oplevering is ongeveer als volgt:

1. Het voornemen om te bouwen
2. Opstellen van een programma van eisen
3. Architect begint met schetsen en ontwerpen
4. Voorlopig Ontwerp (VO)
5. Definitief Ontwerp (DO)
6. **Technisch Ontwerp (TO)** leidt tot het Bestek
7. Aanbesteding (op basis van het Bestek)
8. Uitvoering (met nadere constructie- en werktekeningen)

Het proces is een trechtervormige opeenvolging van keuzemomenten, waarbij het plan steeds concreter wordt, waarin varianten afvallen en waar naar het einde toe veel tijd en energie wordt gestoken in gedetailleerde tekeningen, kostenberekeningen en oplossingen. Grote nieuwe ideeën en veranderingen zijn welkom in de eerste 4 fasen, daarna is daar steeds minder ruimte voor. In het algemeen hoort een Bestek alle kleinigheden te hebben uitgewerkt en geen enkele vraag meer op te roepen. Iedereen die ooit heeft gebouwd weet dat er in de praktijk op het laatste moment toch altijd nieuwe wensen, bezwaren en complicaties zijn. Maar het is ook bekend dat zulke 'invliegers' bijna altijd ellende veroorzaken, of op zijn minst een lichte ergernis bij een aannemer, architect, installateur, bouwvakker of leverancier. Het is dus zaak zulke invliegers te vermijden.

Op dat punt verliep het bouwproces van het NIOO niet volgens het boekje. Het ligt in de aard van wetenschappers om op elk denkbaar moment iets nieuws te bedenken, iets ter discussie te stellen, een factor uit te schakelen, voortdurend te innoveren en de grenzen van het mogelijke op te zoeken. Het NIOO stoorde zich dan ook niet aan de ijzeren discipline van het gangbare bouwproces. Het Bestek bevatte een groot aantal open eindjes en na de aanbesteding werd

de Besteksfase (nu in aanwezigheid van de verkozen aannemer) eigenlijk nog eens opnieuw gedaan. Zelfs tijdens de uitvoering kwamen er nog nieuwe ideeën en eisen op tafel (LED verlichting), werden veto's uitgesproken (geen halogeenhoudende kabels) en interessante experimenten bedacht (experimentendak, andere isolatie), die alsnog een plekje moesten krijgen. De innovatiedrang en de diepe persoonlijke betrokkenheid bij het behalen van een duurzaam en wetenschappelijk bruikbaar bouwresultaat siert de opdrachtgever. De architect, aannemer en installateurs hadden er ook wel begrip voor, maar het proces verliep daardoor niet altijd even soepel.

Opvallend is dat meerdere betrokkenen de fase van het Technisch Ontwerp (TO) aanwezig als de zwakke schakel in het proces. Het TO is de laatste en belangrijkste fase om alle ontwerpen, materialen, installaties en systemen op elkaar af te stemmen, waardoor het een echt integraal ontwerp wordt. Op dat punt liet de aanpak een steekje vallen, omdat er te weinig tijd voor deze fase werd genomen en bovendien niet helemaal de juiste partijen om tafel zaten. Tijdens het TO (en ook na de aanbesteding, toen het Bestek nog eens

over werd gedaan) zaten beoogde leveranciers om tafel van de technische systemen die ieder voor zich hun eigen onderdeel zaten te doen, en daarbij veel risicomijdend gedrag vertoonden (zij moesten het straks immers waar maken). Door de tijdsdruk, de losse eindjes van NIOO/KNAW en het niet integraal maken van het ontwerp en de systemen, was er eigenlijk sprake van een onvoldragen Bestek. Door ieders enorme inzet en flexibiliteit is dat tijdens de uitvoering alsnog op zijn pootjes terechtgekomen, maar het had de bouw geen kwaad gedaan als de Besteksfase wel zorgvuldig was afgesloten. Daaruit kunnen de volgende lessen worden geleerd:

- Er zijn goede redenen voor de gewoonte om vanaf de Besteksfase een plan 'op slot' zetten voor nieuwe eisen, wensen en veranderingen. Daar braaf aan voldoen past niet in de aard van innovatieve opdrachtgevers, maar men loopt het risico dat planelementen later niet goed geïntegreerd kunnen worden en dat de bouw vertraging oploopt. Bij een goede onderlinge verstandhouding van de betrokken partijen valt een en ander tijdens het proces overigens nog wel te repareren;



- Het is van groot belang om genoeg tijd te nemen voor het TO, omdat hier alle details en systemen van het plan op elkaar worden afgestemd;
- Bij complexe, innovatieve bouwprojecten zou een team onafhankelijke adviseurs in het TO de bouw, energie, water en techniek compleet moeten engineeren. Daardoor wordt een integraal en minder risicomijdend geheel gesmeed;
- Pas in de aanbesteding daarna is het een goed moment om belanghebbende leveranciers aan tafel te zetten.

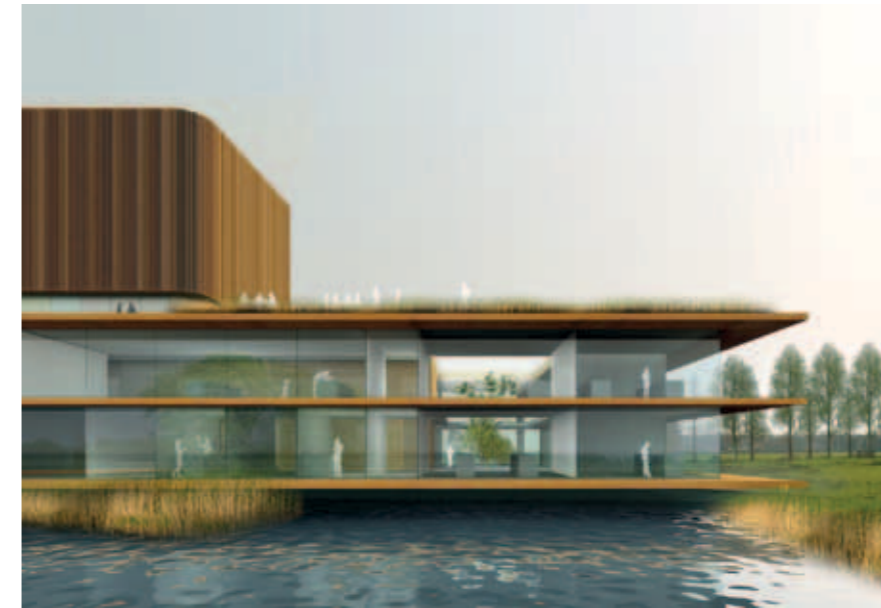
### Het belang van 'ontjuridificeren'

Hierboven zagen we al dat het planproces niet helemaal volgens het boekje verliep. Soms werden de grenzen opgezocht van ieders kunnen, tijdens de uitvoering kwamen er nieuwe wensen of scherpere eisen. Spanningen tussen de aannemers (bouwkundig, werktuigbouwkundig en elektrotechnisch), de architect, onderaannemers, de KNAW en het NIOO konden daardoor oplopen. Soms bleven beslissingen wekenlang in de lucht hangen, omdat de

optimale oplossing (integratie van duurzaamheidseisen, esthetiek en bouwbaarheid) nog niet bereikt was.

Conflicten worden tegenwoordig steeds sneller juridisch uitgevochten, maar NIOO had vanaf het begin ingezet het voeren van positief overleg, waardoor het proces zoveel mogelijk bij juristen uit de buurt blijft. Een belangrijke en slimme maatregel was om er bij de start een bureau bij te betrekken, dat zich richt op teambuilding en -begeleiding. Daardoor kregen de betrokkenen meer ruimte om hun eventuele ongenoegens, wensen en voorstellen tot verbetering aan elkaar te ventileren, voordat men zich in loopgraven ging verschansen. Het proces heeft ook gezorgd voor onderling begrip en bijgedragen aan goede communicatie. Uiteindelijk gaven de gezamenlijke bouwpartijen het bouwproces gemiddeld alsnog het rapportcijfer 8. Een opmerkelijke prestatie.

- Bij innovatieve bouwprojecten, waarin dingen lastig kunnen worden of 'mis' gaan, is het van belang de werkwijze tussen partijen zoveel mogelijk te 'ontjuridificeren';



- Dat vereist niet alleen goede afspraken, maar vooral onderling vertrouwen en effectieve communicatievormen;
- Het kan eventueel behulpzaam zijn om externen te betrekken, die werken aan (en waken over) de verstandhoudingen binnen het bouwteam.

informatie in één centrale, digitale groepssite te managen, maar het lukte niet helemaal om dat van de grond te krijgen.

- Bij complexe bouwprojecten, met hoge ambities, is een strakke communicatieopzet van belang om iedereen te informeren: intern, tussen de partijen en naar buiten toe;
- Dat vergt vaak extra capaciteitsinzet (soms ook een andere communicatie-expertise) die de staande organisatie niet zelf kan leveren. Dan is inhuur van een communicatiemedewerker raadzaam;
- Het blijkt moeilijk om alle informatieverkeer tussen bouwende partijen via één centrale (digitale) plek te organiseren. Voorzoiets is in een vroeg stadium gebruikersvriendelijke software nodig en een hoop discipline bij alle partijen om daar mee te (blijven) werken.

### Geen afstemming zonder communicatie

De bouw van het NIOO en de vele innovaties zorgden ervoor dat er tientallen verschillende partijen bij het planproces en de bouw betrokken waren. In veel gevallen waren deze partijen ook nog direct afhankelijk van elkaars werk, of waren er tenminste vele raakvlakken. Daaruit volgt automatisch de noodzaak van een intensieve afstemming, en daarbij is een goede communicatie onontbeerlijk. Dat geldt niet alleen voor het technisch bouwproces, maar ook voor het informeren van ieders achterban en een eenduidige bediening van de media. De normale stafbezetting van het NIOO kon dat in die periode onmogelijk zelf aan. Daarom werd tijdelijk een externe communicatieadviseur aan de organisatie toegevoegd. Dat bleek een goede zet, want deze medewerker heeft allerlei informatiekanaalen weten te bedienen, zette een website op over de nieuwbouw en faciliteerde een behoorlijk communicatieverkeer. Het enige punt wat niet honderd procent oplosbaar was, betrof het organiseren van alle actuele informatie op één centrale plek. In normale werkprocessen is het gewone verkeer van onderlinge e-mails, telefoontjes en vergaderingen genoeg om iedereen te voorzien van de relevante, juiste en actuele informatie. Maar in de rollercoaster van een complex bouwproject zijn informatiestromen en behoeften moeilijk te beheersen en te bedienen. Er is gepoogd om alle



“Het was heel prettig om met een opdrachtgever te werken die wist wat ze wilde, en voor wie duurzaam bouwen meer was dan window dressing. Het gebouw moest aan de hoogste milieustandaarden voldoen, maar mocht absoluut geen houtje-touwtje plaggenhut worden. Volgens mij mogen we trots zijn op het resultaat...”

Dick van Wageningen projectarchitect  
Claus en Kaan architecten

## Integrale gebouwkwaliteit

### Zoeken naar een optimaal ontwerp

Het uiteindelijke ontwerp van het NIOO krijgt van alle kanten lof toegezwaaid. Het is goed om te beseffen dat daar een zoektocht aan vooraf is gegaan. Zo wilde het NIOO aanvankelijk een gebouw dat een kwartslag gedraaid lag, waardoor de lengte van het gebouw noord-zuid op de zon georiënteerd was. Het gemeentelijk masterplan voor de Wageningen Campus stond dat echter niet toe, want het gebouw moest visueel een afsluiting vormen voor deze grens van het plan.

Voordat de huidige architect aan tafel zat passeerden meerdere schetsontwerpen voor het gebouw de revue, die ook niet meteen voldeden. Een ‘traditioneel’ eco-biologisch ontwerp strookte niet met de hoge functionele eisen van een internationaal gecertificeerd laboratorium. Weer een ander ontwerp ging van tafel omdat de energiebesparing zo ver was doorgedreven, dat het voor de medewerkers geen ergonomisch gebouw zou worden.

Toen het ontwerp zich eenmaal begon uit te kristalliseren waren er ook financiële tegenvallers te verwerken. Bij de eerste bezuinigingsronde ging er een streep door de extra verdieping op het gebouw en de ondergrondse parkeergarage. Maar belangrijker was dat het NIOO eigenlijk de voorkeur had voor een stalen bouwskelet. Toen er knopen moesten worden doorgehakt bleken er toch een paar nadelen aan staal te kleven. Ten eerste waren op dat moment de marktprijzen voor staal erg hoog, ondermeer door de economische groei in Azië en China. Het tweede nadeel was dat staal trillingen in een gebouw doorgeeft, waar de laboratoria last van konden krijgen. Een stalen bouwskelet werd dus een betonnen skelet. Gelukkig konden de grote overspanningen en flexibele indeelbaarheid wel worden behouden.

Dit ‘nakaarten’ van een stuk ontwerpproces is eigenlijk moeilijk in generieke lessen voor anderen te vertalen. Elke nieuwbouw doorgaat immers zijn eigen proces van ontwerpwijzigingen en bezuinigingen. Als er op dit gebied al lessen uit het NIOO te destilleren zijn, dan zijn het deze:

- Staal is een geliefd materiaal uit oogpunt van Cradle to Cradle, maar het is ook financieel riskant. De staalprijzen zijn erg conjunctuurgevoelig;
- Ondanks bezuinigingen bleven de grote overspanningen van de constructie behouden. Het gebouw is daardoor erg vrij indeelbaar en aanpasbaar, wat de levensduur vergroot;
- Zoals wel vaker het geval, beperkt een stedenbouwkundige visie of masterplan de vrijheidsgraden van een bouwkundig ontwerp. Een optimale gebouwworm of zoriëntatie is niet altijd haalbaar;
- Een milieutechnologisch optimale architectuur verdraagt zich niet altijd met de functie van een gebouw, of met de ergonomische wensen van de gebruiker. Milieutechnische compromissen zijn soms onvermijdelijk om de totale duurzaamheid van het gebouw te garanderen.

### Ecolook versus hightech design

Het NIOO heeft niet het uiterlijk gekregen dat we met ‘typisch’ duurzaam bouwen associëren. Voor directeur

Louise Vet was dat een bewuste keuze: “Ik wilde niet dat het als plaggenhut of houtje-touwtje gebouw in de alternatieve hoek kon worden weggezet. Zeker niet omdat het NIOO op internationaal niveau meespeelt in de wetenschap. Ik wilde een strak en hightech ontwerp, dat de interesse wekt van de mainstream vastgoedwereld. Want Cradle to Cradle bouwen, het denken in kringlopen, moet uit die alternatieve niche vandaan om mainstream te kunnen worden.” Vanuit milieutechnisch oogpunt was het waarschijnlijk ‘gemakkelijker’ geweest om een architect te kiezen die zich heeft gespecialiseerd in duurzaam bouwen, maar daarmee was de kans groter geweest dat het gebouw in die bovengenoemde ‘alternatieve niche’ was blijven zitten en niet door de gangbare opdrachtgevers, media en architecten zou zijn opgemerkt. Voor het NIOO werd daarom Claus en Kaan Architecten geselecteerd, een bureau dat goed bekend staat om zijn hoogwaardige, strakke en haast minimalistische ontwerpen, waarin zwaar wordt getild aan esthetiek. Het eindresultaat is in elk geval verbluffend. Bijzonder inspirerend is de zelfbewuste schoonheid en moderniteit van het hele gebouw. Zijn boodschap is dat duurzaamheid de geitenwollen niche is ontgroeid en de boel komt overnemen,



inclusief het 'patent' op schoonheid en technologie, dat zo lang leek voorbehouden aan de traditionele en onduurzame architectuur.

- Het NIOO koos bewust voor een architect die faam heeft gemaakt op esthetisch vlak, en niet op het gebied van duurzaam bouwen;
- Mede daardoor is het gebouw geen direct herkenbaar uithangbord voor duurzaam bouwen geworden. Aan de andere kant inspireert het ontwerp om afstand te doen van klassieke beelden die we bij duurzame gebouwen hebben;
- Daarmee draagt het bij tot een snellere acceptatie van duurzaam bouwen in de moeilijker segmenten van de bouw- en vastgoedwereld.

### Enmalig scoren of blijven innoveren

De bekende duurzaam bouwen voorbeeldprojecten in Nederland richten zich eigenlijk altijd op het scoren van een bepaald resultaat bij oplevering. Het gaat dan om eenmalige prestaties op het gebied van bijvoorbeeld zonnepanelen,

een percentage energiebesparing, toepassing van een bepaald materialenpakket, het eerste, grootste en meeste in iets op duurzaamheidsgebied. Het NIOO stond in de planfase voor diezelfde keuze, maar koos iets anders. Adviseur DGMR zegt daarover: "Het NIOO realiseerde zich dat het gebouw, hoe goed ook, slechts een momentopname zou worden in de ontwikkeling van steeds duurzamer bouwen." Daarom moest het gebouw als het ware nooit helemaal 'af' zijn. Het moest ruimte blijven bieden aan allerlei innovaties en experimenten, waardoor het bouwproject niet alleen bij de opening scoort, maar ook na 5 of 20 jaar nog steeds blijft bijdragen aan de ontwikkeling van Cradle to Cradle bouwen. Dat is natuurlijk geheel in de geest van een wetenschappelijk onderzoekinstituut als bouwheer. Deze ruimte voor onophoudelijk innoveren zien we ondermeer terug in:

- De aanpasbare opzet van het NIOO: het gebouw (en de bijgebouwen) kan op termijn meegroeien met de ontwikkelingen;
- Het vegetatiedak is speciaal ingericht op experimenten met groene daken;



**"Voor echte innovatie in duurzaam bouwen moet je de lat niet gewoon hoog leggen, maar net iets te hoog. Dat heeft het NIOO goed aangevoeld..."**

*Paul van Bergen directeur DGMR*

- De lokale zuivering van afvalwater bestaat uit een serie van experimenten;
- Het terrein is een proeftuin voor diverse zonne-energietechnieken;
- Toepassing van diepe opslag van warmte is een primeur, die de komende jaren nog een schat aan leerervaringen gaat opleveren;
- Het NIOO doet actief aan verspreiding van de ecologische kennis die uit de nieuwbouw en zijn experimenten voortkomt.



**“Warmteopslag op 300 meter diepte was riskant, omdat er nog niks bekend was over de bodem op die diepte. Petje af voor het NIOO dat ze het toch hebben aangedurfd...”**

**Arie Huisman** manager installatie-advies  
DWA installatie- en energieadvies



# Energie

## Grote toekomst voor HTO

Oorspronkelijk wilde het NIOO aan de slag met geothermie (aardwarmte van enkele kilometers diepte) maar zo'n investering was alleen haalbaar als de Wageningen Universiteit met haar hele Campus mee zou doen. Die wilde niet, dus werd naarstig naar een alternatief gezocht. Dat werd gevonden in een tot dusver niet eerder in Nederland toegepaste techniek: Hoge Temperatuur Opslag (HTO). De techniek is vergelijkbaar met gangbare energieopslag (WKO), waarbij warmte en koude op enkele tientallen meters diep wordt opgeslagen (het NIOO heeft naast HTO ook een WKO systeem) maar bij HTO wordt heet water op grotere diepte opgeslagen. De werking is als volgt: in de zomer wordt heet water uit 116 zonnecollectoren op 300 meter diepte in een poreuze bodemlaag geladen. Het duurt zo'n 3 jaar voordat deze bron zover is dat hij optimaal kan leveren. Maar als het goed is geeft de bron zoveel warmte dat hij het gebouw meestal kan verwarmen, zonder tussenkomst van de warmtepomp. De WKO en HTO zullen naar verwachting 70 á 80% besparen op het energiegebruik voor warmte en koeling.

HTO is ook een kostbare installatie, die het NIOO een miljoen euro heeft gekost. Het was een riskante techniek, want over die bodemzone, ergens tussen gewone energieopslag en geothermie in, is nog weinig bekend en adviseurs begaven zich op onbekend terrein. De provincie Gelderland had het er als vergunningverlener ook moeilijk mee, want niemand wist of er risico's bestonden voor de bodem en het grondwater. Het werd een langdurig proces om de vereiste vergunning te krijgen, maar de provincie wilde het uiteindelijk als pilot de ruimte geven.

Toen de installatie eenmaal in werking werd gezet was er eerst sprake van een teleurstelling. De bodem op 300 meter bleek minder poreus dan gedacht, waardoor de bron maar 50% van de gehoopte capaciteit kon leveren. Gelukkig was er bij boring rekening gehouden met een zekere mate van overcapaciteit, en blijkt de huidige capaciteit nog steeds afdoende voor het NIOO, nadat de hele installatie goed was ingeregeld. Voor het NIOO is de HTO dus eigenlijk als gedeeltelijk succes te kenschetsen. De leerervaringen die nu, en in de komende jaren, worden opgedaan zijn van grote waarde voor nieuwe bouwprojecten:

- HTO opslag is een interessante tussenvorm in situaties waarbij gewone WKO te weinig energie geeft en geothermie te duur (te diep) is. Denk bijvoorbeeld aan grote kantoorcomplexen, zorginstellingen, gevangenissen, universiteiten, ziekenhuizen en dergelijke;

- Bij het NIOO gebouw zullen de WKO en HTO naar verwachting 70 á 80% besparen op het energiegebruik voor warmte en koeling;
- Monitoring van de HTO bij het NIOO zal de komende 5 jaar nog waardevolle informatie gaan geven, die in de energiewereld met belangstelling zal worden gevolgd;
- Het NIOO heeft wel laten zien dat er nog te weinig kennis is over de bodemzone tussen pakweg 100 meter en een paar kilometer diepte. Zolang die kennis nog ontbreekt is het volgens adviseur DWA eigenlijk raadzaam om eerst een proefboring te doen voordat een HTO wordt aangelegd.

## LED verlichting breekt door

Het NIOO gebouwontwerp maakt maximaal gebruik van natuurlijke daglichttoetreding. Als aanvulling daarop bevatte het bouwplan eigenlijk de normale energie-efficiënte verlichting (zoals T5 armaturen). De productie van steeds nieuwere, lichtsterkere en betere LED lampen ging echter in zo'n hoog tempo dat het NIOO het bouwbestek op dit punt

wilde omgooien. Dat was lastig, omdat alle armaturen moesten worden aangepast. Bovendien is niet zeker wat de levensduur van deze LED lampen feitelijk is. Toen de LED leverancier garandeerde elke vroegtijdig kapotte lamp kosteloos te vervangen, werd de knoop doorgehakt. Het grootste deel van het gebouw beschikt nu over de nieuwste LED verlichting. Boven de labtafels hangen nog energiezuinige TL balken, omdat de lichtkarakteristiek van LED een probleem leek op te leveren met betrekking tot de eisen voor laboratoria.

- De nieuwe generaties LED lampen volgen elkaar zo snel op, dat grootschalige toepassing ervan - ook voor hoge lichtsterkten - op korte termijn mogelijk is;
- Er zijn genoeg armaturen op de markt om LED in utiliteitsgebouwen toe te passen;
- Voor veel mensen is de lichtsterkte en lichtkleur van LED nog wel een kwestie van wennen, maar ook op dat punt verbetert het aanbod snel;





**“Het NIOO was zo gedreven dat we erdoor aangestoken werden, en ook zelf naar duurzame oplossingen gingen zoeken. Daarbij hebben we meerdere vondsten gedaan, zoals schapenwolisolatie rond luchtkanalen en gifvrije afsluiters...”**

*Jeroen van Schaijk projectleider Burgers-Ergon*

### NIOO als proeftuin voor zonne-energie

Zonne-energie past uiteraard naadloos bij de Cradle to Cradle gedachte, en het NIOO heeft zijn best gedaan om dat zo ruim mogelijk toe te passen. Bijvoorbeeld met de 478m<sup>2</sup> meter zonnecollectoren die de HTO opslag laden, en warmte uit de proefkassen die in de WKO opslag wordt gevoerd. Maar zoals een wetenschappelijk instituut betaamt wordt ook hier het experiment opgezocht. Op de sheddaken van de vides en op de platte daken van de bijgebouwen worden dakbedekkingen met geïntegreerde zonnecelfolie geplaatst. Het doel daarvan is om vergelijkend onderzoek te kunnen doen naar het rendement van verschillende fabricaten.

Aan de voet van de grondwallen rond het terrein is plaats voor 200 m<sup>2</sup> SunCycle PV-panelen, met een piekvermogen van in totaal 40 kW. Dat zijn in feite nog prototypes, maar de leverancier heeft er een veelbelovend verhaal bij. Het PV-paneel bestaat uit lenzen die zonlicht op minuscule plaatjes silicium concentreren. Naar verluidt zou het rendement 30% hoger moeten zijn dan gangbare zonnecellen, tegen lagere kosten en met minder gebruik van schaarse mineralen, omdat er weinig silicium nodig is. De investeringen in al deze vormen van zonnepanelen kwamen deels uit het bouwbudget en zijn deels gefinancierd uit provinciale subsidies.

- Het NIOO geeft diverse innovatieve bedrijven de ruimte om te experimenteren met nieuwe zonne-energie technologie. Komende jaren levert dat interessante lessen op;
- Het NIOO zet zelf ook actief zonne-energie in voor de energiehuishouding van de gebouwen. De belangrijkste opbrengst is warm water voor het laden van de HTO opslag;

### Inkoop groene stroom nog onvermijdelijk

Realisme dwingt te vermelden dat het NIOO nu nog niet zelfvoorzienend is in zijn eigen elektriciteitsbehoefte. Was het alleen een kantoorgebouw met collegezalen geweest, dan zou dat haalbaar zijn, maar het NIOO heeft een aantal laboratoria, proefkassen en klimaatgergelde vogelverblijven op het terrein, waarvan de apparatuur veel stroom vraagt. Het NIOO heeft trouwens bewust gekozen om niet al haar oppervlakte met de huidige PV panelen te beleggen, maar juist te investeren in het bevorderen van nieuwe technologie. Want de prestaties van zonnepanelen moeten in de nabije toekomst omhoog om de acceptatie en toepassing ervan te bevorderen.

- Het eigen stroomverbruik van de laboratoria, vogelverblijven en proefkassen is te hoog om met de huidige zonneceltechnologie duurzaam bij het NIOO zelf op te wekken;



- Het NIOO heeft bewust gekozen om niet al haar oppervlakte met de huidige PV panelen te beleggen maar juist te investeren in het bevorderen van nieuwe technologie.
- Het NIOO koopt daarom vooralsnog extra elektriciteit in bij een groene stroomleverancier;
- De aandacht is gevestigd op compleet nieuwe generaties zonnecellen met veel bredere toepassingsmogelijkheden en hogere opwekkingsrendementen.

### Zonwering als sluitpost

Nut en noodzaak van uitwendige zonwering lijkt in Nederland nog steeds een beetje te worden onderschat, alsof het om iets zou gaan dat uitsluitend in zonnige vakantielanden thuishoort. Vergeten wordt dat we tegenwoordig heel anders bouwen dan vroeger. Architecten ontwerpen met grote glasvlakken en de enkele ruit is vervangen door hoog isolerend glas. Zo zijn de met argongas gevulde ramen van het NIOO maar liefst 5 centimeter dik. Zonwering is daardoor haast belangrijker geworden dan zonoriëntatie.

Bij de bouw van het NIOO heeft de zonwering in een bezuinigingsronde wel iets moeten inleveren. De oorspronkelijk ontworpen houten schuifluiken aan de oostzijde werden vervangen door screens, maar deze ontbreken aan de (korte) zuidzijde. Er zijn wel brede overstekken boven de ramen, maar die functioneren alleen in de zomer als de zon

hoog staat. Het is zeer wel denkbaar dat deze situatie in een toekomstige onderhoudsronde van het gebouw alsnog wordt aangepakt. Het NIOO heeft de ambitie om in de toekomst de nu nog hinderlijke zoninval te gebruiken voor elektriciteitswinning, en zij daagt bedrijven uit hieraan mee te werken.

- Uitwendige zonwering is bij het NIOO nog wel voor verbetering vatbaar. De overal aanwezige vaste luifels (brede overstekken) boven de ramen functioneren op zich prima om een teveel aan zonnewarmte te houden, maar verhinderen niet dat er soms sprake is in lichthinder bij een lage zonnestand. Daar is een inwendige zonwering noodzakelijk;
- Aan de oostkant werd het idee van houten luiken wegbezuinigd en vervangen door zak/uitvalscreens. Aan de zuidkant (weliswaar een heel korte gevel) bevinden zich geen screens;
- Het NIOO vestigt de aandacht op nieuwe ontwikkelingen op het gebied van photovoltaïsch glas. Daarbij wordt zonlicht op glasoppervlakten gebruikt om stroom op te wekken en tegelijk lichthinder uit te sluiten.



# Grondstoffen

## Op weg naar C2C: primaire bouwmaterialen

De wens om Cradle to Cradle te bouwen stond hoog in het vaandel van het NIOO. Bouwen op die wijze vereist dat alle onderdelen van een gebouw in de eindfase van hun levensduur te demonteren zijn en hoogwaardig kunnen worden hergebruikt. Bij de toepassing van hernieuwbare materialen ligt dat iets anders, maar dit is wel het algemene principe. De architect van het NIOO heeft dat opgepakt door zoveel mogelijk zuivere, primaire bouwmaterialen te kiezen die zich goed lenen voor hergebruik. Daarnaast was het van belang om geen verlijmd of composietmaterialen te gebruiken, waar men in de afvalfase niets meer mee kan.

De bulk van de in het NIOO-gebouw toegepaste materialen bestond uit:

- Staal in plaats van aluminium
- Weinig gebruik van kunststoffen, katten of schuimen
- Glas
- Niet chemisch verduurzaamd (Plato)hout en hout met FSC keur
- Beton met puingranulaat en een laag gehalte portlandcement (dus meer hoogovencement)
- EPDM dakbedekking (gerecyclede autobanden)
- Veelal vlas, cellulose of schapenwol (rond luchtkanalen) als isolatiemateriaal
- Geen epoxy gietvloeren, maar gepolijste en milieuvriendelijk geïmpregneerde betonvloeren

Het laatstgenoemde voorbeeld had veel voeten in aarde. Het NIOO wilde pertinent geen epoxy gietvloer op de betonnen constructievloer. De giftige kunstharz hecht zich namelijk zo sterk met het beton, dat er in de afvalfase geen schoon beton van te maken valt. De moeilijkheid was echter dat de hoogwaardige laboratoria van het NIOO buitengewoon

grondig reinigbaar moeten zijn, waarbij haarscheurtjes in de betonnen vloer onacceptabel zijn. Een zware opgave voor de aannemer. Het beton werd extra gewapend, speciaal samengesteld en zeer precies gestort. Daarna werd een tijdelijke vloerbedekking gelegd om de vloer te beschermen tijdens de bouw. Tot slot werd de vloer gevlienderd en met een milieuvriendelijke stof geïmpregneerd.

Al met al deed het NIOO een reuzenstap in de goede richting. De bouwsector is echter nog ver verwijderd van volledig C2C bouwen. Probleem is dat het hele bouwproces sterk afhankelijk is van toeleveranciers van materialen en onderdelen. Een opdrachtgever kan wel C2C willen bouwen, maar dan zal eerst de hele keten van leveranciers daarop ingericht moeten zijn, en dat is gewoon nog niet het geval. Recapitulerend voor het NIOO:

- Binnen de grenzen van het haalbare hebben het NIOO, de architect en de aannemer alles gedaan om met C2C bouwmaterialen te bouwen, en dat is voor veel materialen gelukt;
- Een adviesbureau maakte lijsten (gebaseerd op LCA's en GreenCalc+) voor de architect met materialen die wel of niet milieuvriendelijk waren;
- Met name de hightech laboratoriumfunctie maakte het moeilijk om met C2C materialen te werken, omdat bijzondere eisen worden gesteld aan gebouwtrillingen, afwerking en meubilair;
- Voor sommige bouwcomponenten is het de vraag of de afgegeven terugnamegarantie na bijvoorbeeld 60 jaar nog waarde heeft. Anderzijds is het demontabel zijn van bouwonderdelen eigenlijk belangrijker dan de vraag of het materiaal retour leverancier kan.

## Doordacht gebruik van houtsoorten

Ondanks alle technologische ontwikkeling is hout nog steeds een van de beste, duurzaamste, makkelijkste en mooiste bouwmaterialen. De architect van het NIOO paste het op spectaculaire wijze toe in de bekleding van gevels en binnenwanden, vlonders, kozijnen en deuren. Het hoofdgebouw lijkt van buiten gezien geheel uit hout en glas te bestaan, en de hoge houten utility 'hoed' verhoudt zich wonderbaarlijk fraai tot de lange liggende lijnen van de glazen voorgevel. De utility hoed dient er toe om luchtbehandelingsinstallaties voor de laboratoria aan het zicht te onttrekken.

De keuze voor het te gebruiken hout was een ware zoektocht. Het NIOO wilde dat het hout onbehandeld bleef, dus zonder synthetische verven of houtveredeling. Aan de andere kant moest het hout wel aan allerlei functionele eisen voldoen, zoals een lange levensduur, weerbestendig, soms brandwerend en ook nog mooi. Voor de buitenkozij-



**“Het lijkt een eenvoudig gebouw van beton, hout, glas en staal. Maar schijn bedriegt. De architect tekende nul toleranties en wilde nul toleranties. In feite was de ruwbouw net zo precies als de afbouw. We hebben sommige bouwdelen daarom eerst op schaal in onze werkplaats moeten uitproberen...”**

*Henk Peters projectleider bouwbedrijf Berghege*





**“De planning moest worden gehaald, maar eigenlijk hadden we in de besteksfase nog wat meer tijd moeten nemen om alles goed uit te werken...”**

*Jos Veenendaal directievoerder Archisupport*

nen had onbehandeld eiken de voorkeur, maar dat werd veel te kostbaar. Een tamelijk goed alternatief bleek western red cedar. De aannemer waarschuwde dat dit vocht kan doorlaten bij regen en harde wind, maar de opdrachtgever was bereid dat risico te nemen. Voor de niet-constructieve houtdelen viel de keuze voor het zogeheten ‘Plato hout’. Dit is nog niet zo lang in grote hoeveelheden op de markt. Plato hout bestaat uit lokaal, noordwest Europees naaldhout dat onder hoge druk is gestoomd en gebakken, waardoor de eigenschappen van het hout veranderen. Het is weerbestendig geworden, iets grijsig van kleur en bros van structuur. Daardoor is het niet geschikt als constructiehout, maar wel als bekleding en afwerking.

De uiteindelijke ecologische footprint van dit type hout werd nog wel vergroot, want vanwege brandweereisen moest de hele partij Plato hout heen en weer naar Engeland om te worden geïmpregneerd (Foreco Safewood behandeling met een milieuvriendelijk polymeer) voordat het mocht worden gebruikt.

Ten tijde van de oplevering is de tevredenheid over het hout groot. Het geeft een plezierige atmosfeer en geur, door de brandwerende behandeling blijft het hout mooi op kleur en vergrijs niet zo snel. Het hout van de buitendeuren en kozijnen ‘werkt’ nog wel onder weersinvloeden, maar tot op heden neemt dat geen problematische vormen aan.

- Het NIOO laat opnieuw zien dat het gebruik van hout ook in moderne architectuur een vanzelfsprekende plaats inneemt;
- Het buiten toepassen van hout zonder veredeling, lakken en beitsen is heel goed mogelijk als de juiste houtsoorten worden gekozen;
- Het relatief nieuwe Plato hout laat bij het NIOO veelbelovende resultaten zien, mits het niet constructief wordt gebruikt;
- Het is jammer dat de totale ecologische footprint van het Plato hout in het NIOO wat werd vergroot, omdat het (vanwege brandweereisen) voor behandeling over een weer naar Engeland moest worden verscheept.

### Beton als tweede keus

Al eerder is genoemd dat oorspronkelijk was voorzien in een stalen bouwskelet voor het NIOO, maar dat de laboratoriumeisen en de hoge staalprijsen roet in het eten hebben gegoooid. Constructief is beton een prima alternatief voor staal, maar in Cradle to Cradle opzicht is beton problematisch. Het probleem zit hem vooral in de afvalfase, omdat hoogwaardige recycling onmogelijk is. Het eindigt bijvoorbeeld als puingranulaat onder wegen en als grindvervanging in nieuw beton. Het NIOO kan daar weinig aan veranderen. Wel is het gelukt om het gehalte (milieu-

schadelijke) portlandcement in het gebruikte beton te minimaliseren.

- Een betonnen bouwskelet was uit hoofde van C2C niet de eerste keuze, maar bleek noodzakelijk als gevolg van de toen hoge staalprijsen en de stabiliteitseisen (gebouwtellingen) van de laboratoria;
- Bij nieuwe bouwprojecten heeft een stalen bouwskelet toch de voorkeur boven het gebruik van beton, omdat staal hoogwaardiger valt te recyclen;
- Uit oogpunt van C2C is de trend sowieso om gebouwen met steeds lichtere materialen te bouwen, met zoveel mogelijk prefab bouwelementen, die in de sloopfase van een gebouw demontabel zijn;
- In de bouwwereld wordt overigens wel onderzocht of er geheel nieuwe betonsamenstellingen denkbaar zijn, zonder het gebruik van traditioneel cement.

### Bouwen zonder kit of gif

Bijzonder geslaagd is de ambitie van het NIOO om tijdens de bouw geen giftige bouwcomponenten en materialen te gebruiken, en het gebruik van katten en schuimen tot vrijwel nul terug te brengen. Het uitsluiten van giftige bouwcomponenten leverde weinig problemen op. De betrokken bouwpartijen deden hun best om daarin mee te denken, waarbij nog weleens nieuwe vondsten werden gedaan. Zo ontdekte de werktuigbouwkundig aannemer dat in bepaalde hightech afsluiters arsenicum werd gebruikt, waarop meteen een alternatief werd gezocht. In het algemeen is men al een groot deel van het ‘gif’ kwijt door pure, primaire bouwmaterialen te gebruiken, want de boosdoeners zitten vooral in verven, afwerkklagen en composietmaterialen. Meer problemen ervoer de bouw bij het installeren van de kilometers elektrabekabeling in het gebouw. In een heel laat stadium (tijdens de uitvoering) kwam op tafel dat gangbare kabelmantels gehalogeneerde koolwaterstoffen bevatten (vlamvertragers). Het NIOO vond dat onaanvaardbaar en uiteindelijk is toen een andere bekabeling gekozen (polyetheen met een mbzh compound).

Ook katten, schuimen en lijmen verdragen zich slecht met C2C. Zij zijn vaak giftig en ‘verontreinigen’ de primaire bouwmaterialen waar ze mee zijn verkleefd, waardoor demontage en recycling problematisch wordt. In gangbare bouwprojecten struikelt men letterlijk over de spuitbussen en kitspuiten, dus het was een uitdaging om de aannemer en de onderaannemers allemaal op één lijn te krijgen. Wat daarbij helpt is een extra precieze detaillering van de bouwelementen, omdat katten en schuimen vaak dienen om de kieren en gaten van slecht aansluitende bouwdelen te dichten. Dat is het NIOO zeer goed gelukt, en op een enkele onderaannemer na werd bijna nergens een kitspuit aangetroffen. De aannemer kreeg het soms moeilijk, want

de architect schreef in zijn tekeningen zulke uitzonderlijk kleine toleranties voor, dat de ruwbouw eigenlijk al gelijk stond aan de afbouw. Het resultaat is er wel naar. Lopend door het gebouw zijn nergens rare naden, afdekstrips of kitranden te zien, en de ‘droog’ in hun sponningen geplaatste raampartijen zijn een genot om te zien.

Hier en daar was het onmogelijk om zonder zulke af-dichtmaterialen te werken. Bij brandscheidingen moest een soort PUR worden gebruikt en soms is toevlucht gezocht in het gebruik van schuimband of glaswolstroken. Desalniettemin werd het gangbare kitgebruik met zeker 80% teruggedrongen.

- Door een extra goede detaillering van de ruwbouw en de afbouw is het gebruik van katten en schuimen met zeker 80% terug te dringen;
- Dit stelt wel hoge eisen aan de werktekeningen en de kwaliteit van de (onder)aannemers;
- Met name de bouwkundig aannemer en de directievoerder hebben er extra op toegezien dat uitvoerders zich aan de afspraken hielden;
- Ook door te werken met alleen primaire, pure bouwmaterialen, kan de hoeveelheid giftige stoffen in de bouw worden teruggedrongen;
- Niet algemeen bekend is dat elektrakabels vaak giftige vlamvertragers bevatten, die niet thuishoren in een C2C gebouw. Er bestaan alternatieven met een niet-giftige kabelmantel.

# Water

## Innoveren met elkaar

De kracht van het NIOO gebouw ligt in het feit dat het geen eenmalige 'dubo' prestatie is, maar een levend en voortgaand duurzaamheidsexperiment. De gebouwen en het terrein dienen als het ware als een substraat voor innovatie. Het mooiste is als innovatie een proces is waarbij een hele community van betrokkenen meedoet of meekijkt. Dat gebeurt al op het groene dak van het NIOO (zie pagina 20). Dat was geen kwestie van gras uitrollen en wegwezen, maar is een langdurig onderzoeksproject met een indrukwekkende lijst participanten: dakbedekkingbedrijven, de Wageningen Universiteit, de gemeente Rotterdam, NIOO onderzoekers zelf, de tuinbouwsector, leveranciers van groene daken, waterschappen, STOWA en een jong bedrijfje dat stroom uit planten maakt.

Iets vergelijkbaars is aan de gang met het afvalwater van het NIOO (zie hieronder). In plaats van te volstaan met een rioolaansluiting, heeft het NIOO een gedurfde onderzoeksopzet gebouwd waarbij zwart afvalwater (toiletten) wordt gezuiverd en ontdaan van een belangrijke grondstof. Ook daar werken wetenschappelijke instellingen, de rioolzuiveringsbranche, het waterschap, bedrijven en adviseurs samen. Op het punt van samenwerking biedt het NIOO ons de volgende lessen:

- Innoveren gebeurt door een goede samenwerking van het bedrijfsleven en kennisinstellingen waarbij beide partijen hun eigen specifieke expertise inbrengen;
- De (semi-)overheid heeft een faciliterende en stimulerende rol om er voor te zorgen dat nieuwe producten en processen in de praktijk getest en in de markt geïntroduceerd kunnen worden.;
- De opdrachtgever heeft een belangrijke rol als 'launching customer' bij het creëren van de vraag naar vernieuwende producten;
- Consortia waarin grote bedrijven en startende innovatieve bedrijven samenwerken, leiden tot versnelling van kennisuitwisseling, en daarmee tot een snellere productontwikkeling.

## Afval is voedsel

De Eerste Wereld mag zich oprecht verheugen in een modern rioleringsstelsel en een tamelijk geavanceerde rioolwaterzuiveringstechnologie. Toch zijn innovaties op dat gebied geen overbodige luxe. Het grootschalig systeem

is niet toepasbaar in grote delen van de wereld (alles buiten de grote, rijke, stedelijke gebieden) en de hele aanpak voldoet nog niet aan het Cradle to Cradle beginsel. Menselijk afvalwater bestaat voor een deel uit riskante ziektekiemen, medicijnen en hormonale stoffen, maar ook uit voedingsstoffen, water en allerlei andere bruikbare of minder bruikbare stoffen die via de gootsteen of de WC verdwijnen. Alleen de meest geavanceerde (dure) rioolwaterzuiveringen halen een hoop nuttige stoffen uit het afvalwater, waaronder fosforverbindingen.

Fosfor staat op de termijn agenda - na het broeikas-effect en de energiecrisis - om over een kleine eeuw duurzaamheidsprobleem nummer één te worden. Fosfor is een onvervangbaar element en als meststof cruciaal voor de voedselvoorziening. De oorspronkelijke bron van fosfor (sporen in de natuurlijke bodem) is ontoereikend om miljarden mensen kunnen voeden. Het voert te ver om daar nu diep op in te gaan, maar zonder de fosformijnbouw in - vooral - Marokko en China is er simpelweg niet genoeg meststof om de aarde te voeden. Naar verwachting zijn de fosforertsen binnen een paar eeuwen op, of erg duur om te winnen. Dan moeten we het voortaan verder doen met wat er diffuus aan fosfor door het milieu heen zwerft. In dat licht wordt het langzamerhand belangrijk om fosfor te recyclen.

Menselijk afvalwater (urine en fecaliën) bevat veel fosfor uit het voedsel dat we tot ons hebben genomen. Via de normale riolering verdwijnt in het milieu (veel naar zee) op een manier dat we het niet meer terug kunnen halen. De wereld heeft dus kleinschalige, goedkope en simpele methoden nodig om lokaal fosfor uit het afvalwater te halen. Daar wil het NIOO een bijdrage aan leveren, en wat is beter dan het eigen afvalwater als proefopstelling te nemen?

Het NIOO bouwt op eigen terrein aan een systeem om het afvalwater zo te zuiveren dat de nuttige voedingsstoffen volledig worden benut en het effluent probleemloos kan worden geloosd. In 2012 is het systeem operationeel. In wezen is de opzet eenvoudig:

1. Vacuümtoiletten verbruiken per spoeling slechts 0,5-1,0 liter water (grondwater in het geval van het NIOO), waardoor fecaliën zo min mogelijk verdund raken;
2. Het zwarte water wordt vergist in een vergister waarbij biogas vrijkomt. De overgebleven vloeistof gaat vervolgens naar een algenreactor. De algen groeien en nemen de voedingsstoffen op uit het water (waaronder fosfor);
3. De waterzuiveringscapaciteit van de algen wordt tegelijkertijd wetenschappelijk onderzocht (medicijnresten, hormonen, ziektekiemen, metalen).
4. Als het proces goed verloopt kan het resterende water door het aanwezige helofytenveld worden nagezuiverd en probleemloos in de bodem zinken;

Eigenlijk wilde het NIOO helemaal geen rioolaansluiting, maar het waterschap verzette zich daar hevig tegen, wijzend op wettelijke verplichtingen. Uiteindelijk kwam het compromis op tafel om wel een rioolaansluiting te realiseren, maar ook de mogelijkheid om deze af te koppelen zodra het NIOO kan laten zien dat het zelf zijn zwart afvalwater kan zuiveren. Het mooie van de opzet is dat de genoemde algen, die slechts leven van ons afval, CO<sub>2</sub> en zonlicht, naderhand kunnen worden geoogst. De algen zijn een uitstekende grondstof voor 'kunstmest' of bioplastics. De proefopstelling is overigens te klein (alleen eigen afvalwater) om commercieel algen te kunnen oogsten, maar dat was ook niet de bedoeling. Het NIOO zal de opstelling samen met onderzoekspartners jarenlang monitoren, bijstellen en naar verwachting belangrijke lessen leren, die het hopelijk marktrijp maken:

- Werkt deze C2C afvalwaterzuivering in de praktijk zoals hij in theorie is bedacht?
- Hoe kan het systeem geoptimaliseerd worden (dimensies, temperatuur, licht e.d.)?
- Hoe kan het systeem robuust en low-tech worden uitgevoerd?

- Hoe kan de productie van oogstbare algen worden opgevoerd?
- Zijn de eindproducten veilig te maken (ziektekiemen, medicijnen, hormonen)?
- Is de werking van het helofytenfilter onder alle omstandigheden voldoende?



# Bio- diversiteit

## Hoe nieuwbouw de natuur kan verrijken

Het NIOO is nauwelijks opgeleverd, maar binnen enkele jaren staan de hypermoderne gebouwen ingebed in een weelde van flora en fauna. Niet door een speling van de natuur, maar gewoon door passende maatregelen te nemen. Biodiversiteit is uiteraard een kernthema van het NIOO en het was het instituut er veel aan gelegen om de nieuwbouw goed in te passen in de natuur en het landschap. Sterker nog, geheel volgens de Cradle tot Cradle filosofie zou de nieuwbouw kansen moeten bieden om de lokale flora en fauna te verrijken. Dat lijkt een groot succes te worden. De oude elzenstoven (die er slecht aan toe

waren) en bomen die moesten wijken voor de bouw, worden elders op het terrein als houtwallen teruggebracht. Het terrein wordt omringd door sloten en een grondwal, waarop allerlei inheemse kruiden, planten en struiken zijn gezaaid of geplant, met een doornige vlechtheg als 'prikkelraad'. In die grondwal wordt een kelder ingegraven voor vleermuizen. Het grote groene dak van het hoofdgebouw zal een grote variatie aan sedum, kruiden en andere vegetatie laten zien en in de regenwatervijver bij de ingang zaten al kikkers voordat de nieuwbouw werd opgeleverd. Het levert straks een bijzonder schouwspel op: het ultrastrakke gebouw van glas en hout, te midden van struiken, vlinders, vogels, kruiden, bomen, insecten en vleermuizen.

- Het NIOO vormt binnen enkele jaren een levende staalkaart van tips, trucs en maatregelen om hedendaagse bouw en ecologie met elkaar te vervlechten;
- Het NIOO laat zien dat 'groene' architectuur en maaiveldinrichting geen rommelig gefröbel hoeft te zijn, maar vanzelfsprekend samen kan gaan met moderne, rationele ontwerpprincipes van gebouwen en hun omgeving;

- De tijd zal het leren, maar de kwaliteit van de werkomgeving voor medewerkers van het NIOO zal mogelijk bijdragen tot een hoge mate van welbevinden en productiviteit.

## Een sedumdak dat na 7 jaar nog sedum is

'Groene daken', meestal met sedum, winnen om allerlei goede redenen aan populariteit. Bijvoorbeeld omdat kleuren van sedum een stuk plezieriger ogen dan grauwe bitumen daken, omdat ze kleine regenbuien kunnen bufferen, het 'island heat effect' van de stad verminderen en de stedelijke flora en fauna versterken. Maar volgens het NIOO 'weten niet zoveel mensen dat sedumdaken na een jaar of 7 uit mos bestaan'. Waarom dat gebeurt is nog niet opgehelderd, maar het zou ook iets te maken kunnen hebben met natuurlijke evolutie (successie) van een groen dak, waarin sedum – een woestijnplantje – uiteindelijk het veld moet ruimen. Het NIOO heeft zelf ook een groen dak met sedum en een diversiteit aan andere plantensoorten. Een deel van het dak is speciaal ingericht voor proeven en metingen. Er kan worden geëxperimenteerd met soorten beplanting, het substraat, temperaturen en vocht. De biodiversiteit die deze planten genereren (insecten, vogels) wordt door de ecologen bestudeerd. Ook wordt gemeten hoeveel regenwater de verschillende vegetaties opvangen en verdampen (en dus afvoer naar het riool bij zware regenval kunnen bufferen). En met sensoren in het beton onder het dak wordt gemeten wat verschillende vegetaties doen met de isolatie van het gebouw. Een en ander in nauwe samenwerking met leveranciers van groene daken, hydrologen van Wageningen Universiteit, ecologen van het NIOO en de waterketen. Zelfs de gemeente Rotterdam, die subsidies verleent aan inwoners om hun daken te vergroenen, is van de partij. Met enig optimisme zal het NIOO in de komende jaren waardevolle lessen opleveren over:

- Het bevorderen van biodiversiteit op daken;
- Hoe verschillende vegetaties water afvangen en vasthouden;
- Het gebouw isolerend effect van groene daken;
- Het verlengen van de levensduur van groene daken, met name van sedumplantjes;
- De optimale aanlegmethoden en beplantingen voor groene daken;
- Hoe groene daken moeten worden beheerd.

## Bloeiend prikkeldraad

We zijn het zo gewend dat we er ons eigenlijk niet meer bewust aan storen: de honderden kilometers 'Heras hekwerken' van ons land. De metalen hekken en prikkeldraad, die op zijn best een neutrale rol spelen in het

**“Ik ben vooral blij dat de nieuwbouw ook Cradle to Cradle experimenten omvat, waar we samen met maatschappelijke doelgroepen aan werken, en die nog jarenlang innovatiekansen gaan geven...”**

*Petra van den Berg directeur bedrijfsvoering NIOO*

landschap, maar vaker een unheimische atmosfeer markeren, die weinig te maken heeft met leefbaarheid en duurzaamheid. Aan de andere kant is een vorm van terreinafscheiding en bescherming vaak gewoon nodig, ook rond het NIOO terrein. Zij kozen echter voor een ecologische vorm van prikkeldraad, in combinatie met natuurlijke wallen en sloten. Vroeger kende Nederland veel hagen en heggen als veekering en afscheiding. Deze landschapselementen zijn zeer belangrijk voor de biodiversiteit aan vogels, kleine zoogdieren, insecten en vleermuizen. Het NIOO koos daarom voor deze omheining. Op een 1,5 meter hoge grondwal rond het terrein zijn oude inheemse haagsoorten dicht op elkaar geplant: meidoorn (één- en tweestijlig), zomereik, gewone es, sleedoorn, wegedoorn, gelderse roos, kardinaalsmuts, hazelaar, lijsterbes, hondsroos, inlandse vogelkers, vuilboom en kamperfoelie. Binnen enkele jaren worden de takken met elkaar vervlochten tot een 'vlechtheg'. Het resultaat is een fraai, levend hek, dat interessant is voor tal van dieren, maar door zijn scherpe doorns ondoordringbaar is.

- De vlechtheg kost een paar meter terrein, maar is een effectief, ecologisch en duurzaam alternatief voor metalen afsteringen;
- In veel vergelijkbare situaties (alleen niet in dichte steden) is de vlechtheg, of een andere haag, goed toepasbaar;
- De vlechtheg is goedkoop in aanleg en onderhoud.



Dit is een publicatie van:

Agentschap NL  
NL Energie en Klimaat  
Croeselaan 15  
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht  
T +31 (0)88 602 90 00  
[www.agentschapnl.nl/divisie/nl-energie-en-klimaat](http://www.agentschapnl.nl/divisie/nl-energie-en-klimaat)

© Agentschap NL | september 2011  
Publicatie-nr. 2EOSA1101

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan Agentschap NL geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.

Agentschap NL is een agentschap van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Agentschap NL voert beleid uit voor diverse ministeries als het gaat om duurzaamheid, innovatie en internationaal. Agentschap NL is hét aanspreekpunt voor bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Voor informatie en advies, financiering, netwerken en wet- en regelgeving.

De divisie NL Energie en Klimaat versterkt de samenleving door te werken aan de energie- en klimaatoplossingen van de toekomst.