

## GROENE PLANNEN

In de kinderserie *Bob de Bouwer* werkt bouwvakker Bob in de Zonnebloemvallei aan zijn grote plan: een eco-stad die volledig zelfvoorzienend is. Ir. Marc Unger van ProRail zat geveld door een oorontsteking thuis, zag de aflevering en liet zich inspireren. 'Het zou mooi zijn als het nieuwe Utrecht Centraal in zijn eigen energie kan voorzien', vertelt hij. 'We zijn bezig met een aantal haalbaarheidsstudies. Als proef hebben we bijvoorbeeld zonnecellen verwerkt in de peronkappen van station Utrecht Zuilen en die gekoppeld aan led-verlichting. Omdat het beschikbare oppervlak op Utrecht Centraal groter is dan bij Zuilen, 20.000 in plaats van 45 m<sup>2</sup>, moet het kostenefficiënter zijn.'

De nieuwe ov-terminal van Utrecht Centraal krijgt een grote golvende dakconstructie. 'Het is dan ook mijn droom het dak te voorzien van een soort folie met zonnecellen', geeft Unger aan. 'Dat is mogelijk, maar net als de cellen in de peronkappen ontzettend duur. Daarom zijn we op zoek naar sponsors.' Ook Breda wil de zon als energiebron benutten en is van plan zonnepanelen te plaatsen op de overdekte delen van de parkeergarage op de zesde verdieping van het station.

In Amsterdam en Arnhem is al een alternatieve manier van energiewinning toegepast. De leidingentunnels in beide steden bevatten buizen voor warmte-/koudeopslag (WKO). 'Een stadsgebied vraagt veel energie', stelt Frans Taselaar van het Ingenieursbureau Amsterdam. 'De meest inefficiënte manier van energiegebruik is koeling. Daarom haalt Nuon voor het koelen van de gebouwen in de Zuidas op een diepte van 25 m water uit de Nieuwe Meren. Die koude komt via een ondergronds leidingennetwerk in het gebied en via warmtewisselaars in de gebouwen. Het opgewarmde water wordt weer teruggewarmd.' Arnhem gebruikt grondwater voor het koelen en verwarmen van de nieuwbouw. 'Voor de WKO hebben we acht bronnen op 175 m diepte, vier voor koude- en vier voor warmteopslag', geeft Mathieu de Ruiter van de gemeente Arnhem aan. 'We pompen water van 10 °C op uit de aquifer, dat de koude via warmtewisselaars aan het gebouw afgeeft. Het opgewarmde water gaat terug naar de vier warmtebronnen van 20 °C. Dat water gebruiken we om de gebouwen te verwarmen.' De buizen van de WKO lopen ook door de vloeren van de nieuwe ov-terminal om te zorgen dat de temperatuur in het station aangenaam is.

## BOUWEN OP EEN POSTZEGEL

De fysieke ruimte voor het realiseren van de sleutelprojecten is beperkt. De stations zijn drukke vervoersknooppunten waar reizigers hun weg ongehinderd moeten kunnen vervolgen. Bovendien liggen de stations middenin het centrum van grote steden. 'Omdat de plannen al complex genoeg zijn, zijn de gebruikte bouwtechnieken niet zo wereldschokkend.'

In de Zuidas worden de snelweg A10 en de sporen voor de treinen, de metro en de hsl over een lengte van 1,2 km ondergebracht in tunnels. Ook station Amsterdam-Zuid/WTC komt onder de grond te liggen. 'Het realiseren van dit Dokmodel is gecompliceerd', stelt Frans Taselaar, als projectmanager voor het Ingenieursbureau Amsterdam verantwoordelijk voor de Zuidas. 'De sporen voor trein en metro liggen nu op een dijklichaam direct naast kantoorgebouwen. Door die bebouwing is de ruimte om de tunnels aan te leggen beperkt, terwijl de infrastructuur gewoon moet blijven functioneren. De bouwtechnieken die zullen worden gebruikt, zijn dan ook niet zo wereldschokkend. Omdat het plan al complex genoeg is, is het belangrijk de bouwtechnische risico's in de hand te houden.'

Eigenlijk geldt voor alle sleutelprojecten dat niet de bouwtechniek maar het realiseren van de omvangrijke plannen in een dichtbebouwde en drukke omgeving voor de meeste hoofdbrekens zorgt. De ruimte voor de aanleg van het nieuwe Rotterdam Centraal is net als in

de Zuidas beperkt. Een mammoetklus op een postzegel, noemt ing. Tinca Postema van het project Rotterdam Centraal het. Zeker omdat het bestaande metrostation dat onder het Stationsplein ligt, vanwege de komst van RandstadRail wordt uitgebreid van twee naar drie sporen. Het nieuwe metrostation is 125 m lang en ligt 9 m diep. 'Omdat dagelijks meer dan 80.000 reizigers gebruikmaken van het Centraal Station, moet het goed bereikbaar blijven', geeft Postema aan. Daarom wordt het metrostation gebouwd met behulp van de wanden-dakmethode, een techniek die vaker wordt toegepast bij bouwprojecten in drukke stedelijke gebieden. 'Eerst worden de diepwanden van de bouwput gemaakt, waar vervolgens een betonplaat als dak op komt te liggen. Bovengronds kunnen reizigers weer passeren, terwijl onder de grond de bouwput wordt afgegraven en het metrostation wordt afgebouwd.'

De diepwanden rondom het huidige station tot de waterremmende laag op 38 m diepte zorgen dat de bouwput droog blijft. 'Ter plaatse van de bestaande metrotunnel zijn echter geen diepwanden aan te brengen', vertelt Postema. 'Daarnaast zijn tijdens de bouw van het kantoor van Nationale Nederlanden trekankers in de grond aangebracht om de bouwputrand stabiel te houden. Die trekankers zitten nog steeds in de grond.'

Om de bouwput toch af te sluiten van het grondwater is een kraagconstructie bedacht die met behulp van een vries-techniek wordt aangebracht. 'Door verticaal in de grond geplaatste vrieslansen wordt vloeibare stikstof gepompt', legt Postema uit. 'Die koelvloeistof bevriest een pakket grond van zo'n 2,5 m dik tot een diepte van 40 m. Het pak-



Voor het maken van de dubbelgekromde elementen in het Arnhemse station heeft architectenbureau UNStudio een speciale bekistingmethode ontwikkeld.

ket wordt vervolgens op temperatuur gehouden met koud pekwater. Op die manier ontstaat een diepwand van bevroren grond.' Het bevroren blok heeft een gebogen vorm om tijdens het ontgraven van de bouwput de druk van de andere grondlagen te weerstaan. 'Als de wanden en de vloeren van het nieuwe metrostation gereed zijn, wordt de grond weer ontdooid.'

### SPAGHETTI

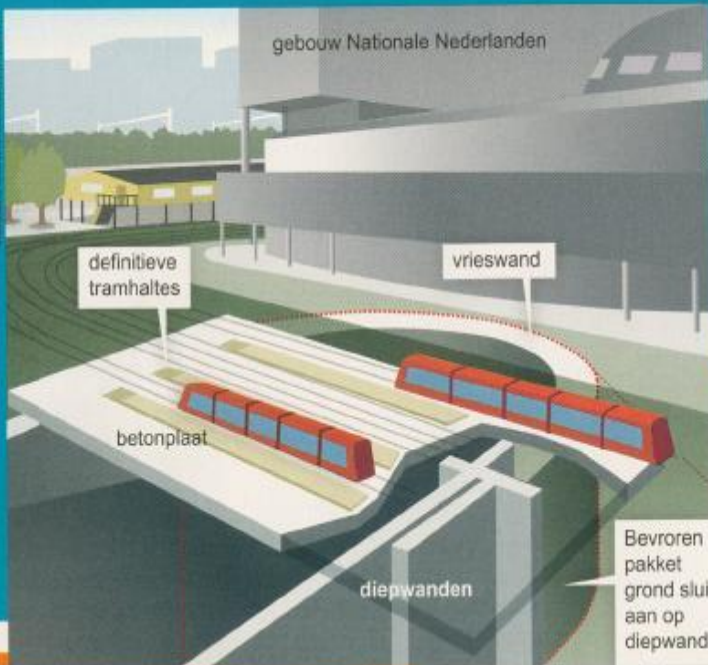
Deze vriestechniek is niet nieuw: bij het maken van dwarsverbindingen tussen twee tunnelbuizen worden eveneens vrieslansen en koelvloeistof gebruikt. Maar de toepassing is wel innovatief; volgens Postema is de techniek niet eerder op zo'n grootschalige manier ingezet.

Taselaar van het Ingenieursbureau Amsterdam geeft aan dat de sleutelprojecten technologische innovaties kunnen stimuleren. Speciaal voor de Zuidas bijvoorbeeld heeft het ingenieursbureau in samenwerking met Tebodin de Integrale Leidingen Tunnel ontwikkeld. 'De Zuidas wordt dicht bebouwd en daarvoor is een grote hoeveelheid ondergrondse kabels en leidingen nodig', vertelt Taselaar. 'De huidige manier waarop die onder de straat liggen, leidt tot ondergrondse spaghetti. Afdoende onderhoud, controle en beheer zijn daardoor uiterst lastig.' De 500 m lange tunnel, die 6,5 m breed en 2,3 m hoog is, bundelt stadsverwarming en -koeling, elektriciteit, gas, water, riool en



Onder de Amsterdamse Mahlerlaan komt onder een 6 m brede bomenstrook de Integrale Leidingen Tunnel te liggen.

gebouw Nationale Nederlanden



## INTERNETBRONNEN

[www.vrom.nl/nsp](http://www.vrom.nl/nsp)

Dossier van VROM over de Nieuwe Sleutelprojecten.

[www.hstzuid.nl](http://www.hstzuid.nl)

Met de hst-Zuid krijgt Nederland volgend jaar aansluiting op het Europese net van hogesnelheidslijnen.

[www.randstadrail.nl](http://www.randstadrail.nl)

Informatie over de lightrailverbinding tussen Den Haag, Rotterdam en Zoetermeer.

Door de verticaal in de grond geplaatste vrieslansen wordt vloeibaar stikstof gepompt.



De bouwput van het nieuwe metrostation in Rotterdam bestaat deels uit een vrieswand.

telecom in een buis. 'De leidingen zijn op elk moment te inspecteren zonder de straat open te breken', geeft Taselaar aan.

## ONDERGRONDS

In het nieuwe stationsgebied van Arnhem komt een soortgelijke ondergrondse bundeling, de Kabels & Leidingen Tunnel. 'De tunnel is de aorta van het stationsgebied', vertelt ing. Mathieu de Ruiter, projectleider Arnhem Centraal namens de gemeente. 'De betonnen buis is 500 m lang en loopt langs alle nieuwe gebouwen, die daar gemakkelijk op zijn aan te sluiten.' Bijzonder aan deze tunnel is dat die ook het buizenstelsel van het Ondergrondse Afvaltransportsysteem bevat. Arnhem is na Almere de tweede stad in Nederland die gebruikmaakt van zo'n systeem. 'De gebouwen in het stationsgebied krijgen twee inwerpopeningen, een voor papier en een voor restafval', licht De Ruiter toe. 'Het vuil wordt door buizen van 50 cm weggezogen naar een terminal, waar twee cyclonen het scheiden van de

lucht. Het afval komt in een vuilcontainer terecht en de lucht wordt na filtering uitgeblazen.'

Volgens De Ruiter staat Arnhem in Nederland ook wel bekend als de hoofdstad van het ondergronds bouwen. 'Alles wat niet per se op het maaiveld hoeft te gebeuren, brengen we ondergronds.' Dat is ook het uitgangspunt in Den Haag. Zo komen de parkeergarages onder de grond te liggen en worden ze ook ondergronds aan elkaar geknoopt. 'De leidingen van de stadsverwarming liepen echter dwars door het gebied', vertelt Joop Borg van de gemeente Den Haag. 'Om de stadsverwarming om te leggen is een nieuwe leiding op een diepte van 18 m onder het spooremplacement door geperst. Dat is uniek in Nederland en heeft ook een nominatie voor prijs voor ondergrondse boringen opgeleverd.' Arnhem is reeds in de prijzen gevallen: het ontwerp voor het stationsgebied kreeg in 2005 de Schreuderprijs voor innovatief meervoudig en onder-

gronds ruimtegebruik. Het station zelf met golvende lijnen en gebogen vormen in wanden, vloeren en dak is een echte blikvanger. Voor het maken van de dubbelgekromde elementen heeft architectenbureau UNStudio een nieuwe bekistingstechniek ontwikkeld. 'Uit polystyreenschuim worden mallen gefreesd', vertelt Arjan Dingsté van UNStudio aan. 'Daarop komt een harde kunststofcoating, zodat een naadloze bekisting ontstaat.' Omdat het oppervlak glad moet zijn, mag de structuur van de bekisting niet te zien zijn. Ingenieursbureau Arup bedacht en berekende de constructies voor het complexe ontwerp. 'Om wapening in het beton van de gedraaide ondersteunende elementen aan te brengen gebruiken we een staalconstructie als binnenframe', geeft Marcel de Boer van Arup aan. 'Daarop zijn dan de wapeningsstaven aan te brengen. De mal van piepschuim funktioneer als bekisting voor het beton. Het stalen hulpframe blijft in de constructie achter.' ●