

Europa kent meer dan 30.000 verlaten en ondergelopen mijnen verspreid over het continent – een gevolg van Europa's zeer rijke mijnbouwgeschiedenis. Veel van deze mijnen zijn niet of slechts ten dele in kaart gebracht en vandaag de dag zeer moeilijk toegankelijk. Mede daarom wordt binnen het EU-gefinancierde UNEXMIN-project een onderwaterrobot ontwikkeld, bedoeld om de netwerken van ondergelopen mijntunnels zelfstandig in kaart te brengen en te analyseren.

# UNEXMIN

## Onderwaterrobot voor ondergelopen mijnen

Artist impression van  
de UX-1 in actie.  
Foto: UNEXMIN

> Slechts drie tot vier procent van de wereldwijde productie van grondstoffen wordt in Europa gewonnen, ondanks de grote consumptie van metalen en mineralen door de Europese economieën. Toenemende welvaart in ontwikkelingslanden, de energietransitie en nieuwe, duurzame technologieën doen vraag (en prijs) stijgen. Met het oog op wereldwijde geopolitieke instabiliteit en mogelijke afhankelijkheid vindt de Europese Commissie het belangrijk om te investeren in innovatieve technologieën die exploratie en exploitatie binnen Europa kunnen bevorderen. Europa kende een zeer rijke mijnbouwgeschiedenis, maar veel mijnbouwactiviteiten zijn de laatste decennia sterk afgenomen. Meer dan 30.000 verlaten en ondergelopen mijnen zijn over Europa verspreid.

**UX-1** / Het UNEXMIN-project (UNderwater EXplorer for flooded MINes) bestaat uit een internationaal consortium van 13 partners en 14 'linked third parties', waaronder ook het KNGMG (zie kader). Samen ontwikkelen ze een onderwaterrobot die topografische, geometrische en geologische data 'zelfstandig' kan verzamelen door middel van laser-scanning en multi-spectrometrie. Hierbij is geen direct contact met de natuurlijke omgeving nodig.

De ontwikkelde robot, UX-1 genaamd, is een ronde bol, voorzien van allerlei meetinstrumenten, met een doorsnede van ongeveer zestig centimeter en een gewicht van 112 kilo's. De uitdaging zit deels in het ontwikkelen van high-end, op maat gemaakte meetinstrumenten, die zoveel mogelijke aardwetenschappelijke data kunnen verzamelen maar ook in de kleine robot passen. Te denken valt aan wateranalyses en sampling, pH-metingen, verschillende geofysische metingen (aardmagneetveld, elektrische geleiding, gamma-ray) en het systematisch vastleggen van hoge resolutie UV- en multispectrale beelden om de mineralogie te bepalen. De zelfstandige navigatie-apparatuur maakt gebruik van 3D-laserscanning, die tunnelsystemen inclusief mogelijke obstakels in kaart brengt, ook bij een gebrek aan licht. Voor 3D structurele geologie karte-



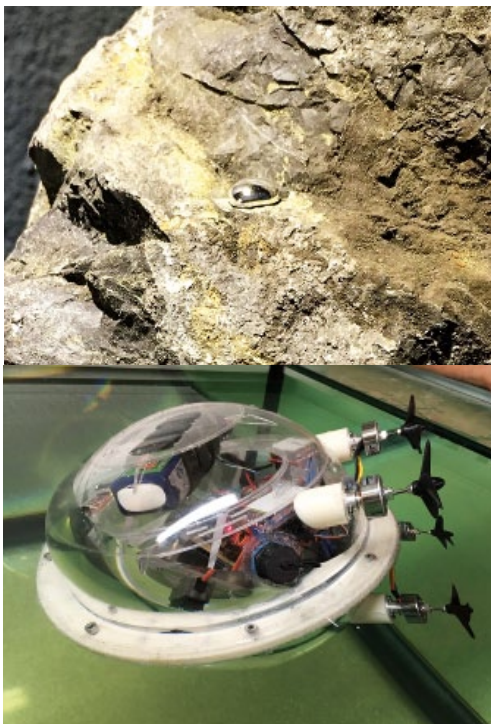
Het meer van Bled in Slovenië. Zicht op het eilandje met de 9e-eeuwse Maria Hemelvaartskerk en op de achtergrond de Julische Alpen. | Foto: Hein Raat

ring is deze techniek eveneens goed toepasbaar. Daarnaast moet er in de robot genoeg ruimte overblijven voor een zware computerprocessor, dataopslag en batterijen voor minstens vijf uur. Kortom, een hele uitdaging.

**Vloeibaar kwik** / Begin dit jaar, in januari, vond in het Sloveense Bled een driedaagse conferentie plaats, georganiseerd door de Geologische Dienst van Slovenië, om de laatste stand van zaken te presenteren aan alle betrokken partijen.

Dit voorjaar moet het eerste prototype klaar zijn voor uitvoerige tests in een ondergelopen mijn

Landschappelijk en geologisch gezien is Slovenië prachtig. Het staat bekend om de Julische Alpen, het Pannonische bekken en een overvloed aan karsten en dolines in de Dinarische Alpen. De eerste dag van de conferentie bestond uit een bezoek aan de Idrija kwikmijn, tevens een van de vier geplande testlocaties voor de UX-1 robot. De mijn was de op een na grootste kwikproducent ter wereld (145,7 kiloton) verantwoordelijk voor 13 procent van de totale wereldproductie van vloeibaar kwik. Eeuwenlange exploitatie heeft geresulteerd in een zeer complex, 700 kilometer(!) lang tunnelstelsel tot een diepte van 420 meter. De mijn werd in 1994 gesloten na 500 jaar productie en is sinds 2012 onderdeel van de UNESCO werelderfgoedlijst. Tegenwoordig is de mijn een toeristische attractie die zeer de moeite waard is. Idrija biedt een unieke kans om het enige element (Hg) van het periodieke stelsel dat zich bij kamertemperatuur in vloeibare staat bevindt te aanschouwen. Kleine druppels kwik liggen in-situ op sterk verweerde schalies uit het Carboon. Naast vloeibaar kwik werd er



**Boven: Druppel vloeibaar kwik in Idrija kwikmijn liggend op sterk verweerde schalies uit het Carboon.** | Foto: Hein Raat  
**Onder: Een prototype van de onderwaterrobot UX-1.** | Foto: UNEXMIN

## KNGMG en UNEXMIN

Het KNGMG is betrokken bij vier Europese Horizon 2020 onderzoeksprojecten, als een 'linked third party' onder de vlag van de European Federation of Geologists (EFG). Deze organisatie werd in 1980 opgericht en vertegenwoordigt op Europees niveau een groot aantal nationale genootschappen van professionele geologen, zoals in Nederland het KNGMG. Binnen de Europese projecten heeft het EFG vaak een coördinerende rol om de verschillende stakeholders, zoals het KNGMG, bij het onderzoek te betrekken en zodoende informatie te verspreiden onder geologen, universiteiten, overheden en de industrie.

ook kwik gewonnen uit rode 'cinnebar ores'. Dit zijn opgevlude HgS-aders gerelateerd aan epithermische vloeistofneerslag door koeling. Intense tektonische activiteiten in combinatie met vulkanisme vormden de drijvende krachten om deze vloeistoffen langs complexe breuk-systemen te activeren vanuit de bovenste mantel.

Het net geopende museum bij de mijn geeft zeer informatief de geschiedenis weer van de revolutionaire technische innovaties. Idrija trok mijnbouwexperts vanuit Europa voor de nieuwste ontwikkelingen en technieken. Ook krijgt de bezoeker een goede kijk op de gezondheidsproblematiek en -aanpak gerelateerd aan de mijnbouwactiviteiten in Idrija.

**Prototypes** / De tweede dag van de conferentie bestond uit verschillende lezingen waarbij robots en het gebruik voor mineraal-exploratie en extractie centraal stonden. Verschillende uitdagingen en innovaties betreffende de exploratietechnieken onder water kwamen aan bod: hardware voor geodata collectie en software voor (real-time) visualisatie naast het verwerken van grote hoeveelheden data. De laatste dag stond in het teken van de verschillende werkpakketten van het UNEXMIN-project. Elke partner gaf een korte samenvatting van de status ten bate van de ontwikkeling van de UX-1 robot. Hiermee komt de eerste fase van het project ten einde. Dit voorjaar moet het eerste prototype klaar zijn voor uitvoerige tests in een echte ondergelopen mijn. Er zijn vier testlocaties uitgekozen om de UX-1 te laten proefduiken. De eerste mijn is de Kaatiala pegmatiet-mijn in Finland, een open-pit mijn met een maximale diepte van twintig meter. Mochten zich problemen voordoen dan kan de robot door duikers weer naar het oppervlak worden gehaald. Na elke sessie wordt de robot aangepast en geoptimaliseerd door de verschillende partners on-site. De volgende tests vinden plaats in de hierboven beschreven Idrija kwikmijn, gevolgd door de Urgeiriça uraniummijn in Portugal. Tot slot wordt in de zomer van 2019 de Ecton kopermijn in Engeland bezocht. Voor UX-1 zal dit de grootste uitdaging gaan vormen, omdat

deze mijn namelijk slechts gedeeltelijk in kaart is gebracht.

Aan het einde van het project wordt gekeken of de robot kan worden ondergebracht in een commerciële bedrijfssetting, waarbij de ontwikkelde technologie en kennis kunnen worden toegepast voor een breed aantal onderwerpen, zoals: nieuwe exploratiemogelijkheden voor mineralen en metalen, onderwater onderzoek in gevaarlijke omgevingen (denk daarbij aan instortingsgevaar of sterk vervuild water), risicoanalyse voor natuurlijke gevaren, bijvoorbeeld landverschuivingen, water/milieu observaties en het behoud en in kaart brengen van ondergelopen cultureel erfgoed.

## Steenkoolmijnen

De rol van het KNGMG binnen het project is relatief klein en bestaat uit het samenstellen van een lijst met voornamelijk oude steenkoolmijnen in Zuid-Limburg. De kans dat in de toekomst deze steenkoolmijnen weer worden geëxploiteerd wordt zeer klein geacht, maar voor onderzoek naar bodembeweging en stabiliteit kan de UX-1 mogelijk een uitkomst bieden. Verzakkingen, maar ook bodemstijging door terugvloeiend grondwater, zijn in Limburg nog steeds aan de orde en dienen goed onderzocht te worden. Tevens kunnen metingen voor andere wetenschappelijke en archeologische doeleinden worden gebruikt en in 3D worden gevisualiseerd.

**Hein Raat**

raatgeoservices@gmail.com

Website UNEXMIN: [www.unexmin.eu](http://www.unexmin.eu)

Website Idrija kwikmijn: [www.cudhg-idrija.si/en/](http://www.cudhg-idrija.si/en/)



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement no 690008.