

De leakfinder
Een vernieuwende blik op lekkages van bouwputten
(Opsporen van lekkages in bouwkuipen m.b.v. infrarood detectie)

Presentatie KIVI – 24 november 2010

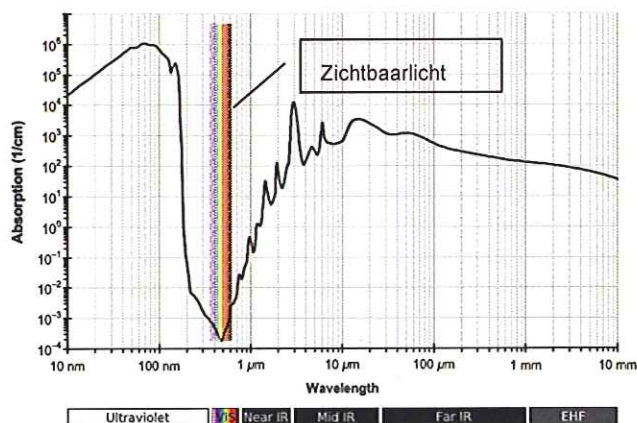
Gilles Colard en Onno Langhorst
Movares Nederland – Utrecht

Aanleiding van de innovatie

Lekkages door bouwkuipwanden, die in den natte worden ontgraven, zijn lastig vast te stellen. Omdat duikers onder water een zeer beperkt zicht hebben. Een gebruikelijke aanvulling hierop is het installeren van een monitoring systeem (peilbuizen) direct achter de wand buiten de bouwkuip. Plotselinge verlagingen van de grondwaterstand betekent dat een mogelijke lekkage aanwezig is. De exacte locatie en diepte van een dergelijk lek is in praktijk moeilijk vast te stellen. In het kader van de Noord/Zuidlijn wordt onder het emplacement van het Centraal Station in Amsterdam ook een bouwkuip in den natte ontgraven. Het risicoprofiel is dusdanig kritisch dat aanvullende beheersmaatregelen noodzakelijk worden geacht. Naar aanleiding van de bevindingen van de onderzoekscommissie Veerman is gebleken dat bij dergelijke bouwkuipen het van belang is om mogelijke lekkages van de wanden snel te kunnen opsporen. Volgens het rapport van de Commissie Veerman blijft een zeer kleine kans bestaan dat er lekkage optreedt. Hieraan moet continu aandacht besteed te worden omdat de gevolgen voor de omgeving zo groot kunnen zijn. De Vijzelgracht valt hierbij in het niet. Er hoort een methode te zijn om ook onder water een mogelijke lekkage op te kunnen sporen en een daarbij behorende wijze van reparatie die direct beschikbaar dient te zijn. Voor dit probleem is een oplossing bedacht. Deze innovatie houdt in: “het meten van lekkages onder water door middel van infra rood (IR)”. Deze techniek is onder water nog niet eerder toegepast. Ten behoeve van de bouwkuip van Centraal Station is deze techniek verder ontwikkeld en vervolgens succesvol toegepast.

Principe van het meten met infrarood

De meetmethode is gebaseerd op het laten zakken van een infrarode camera met een bepaalde snelheid en op constante afstand langs de sloten van de stalen profielen van de bouwputwanden. Op basis van gemeten temperatuurverschillen van het water kunnen lekkages opgespoord worden. De troebelheid van het water in de bouwput beïnvloedt de meetresultaten niet. Op deze wijze kan vrij eenvoudig onder water lekkages opgespoord worden, waarbij direct ingegrepen kan worden om de lekkages snel en effectief te dichten. De theorie achter de meting van lekkage van bouwputwanden onderwater is hieronder in het kort aangegeven. Bij een infrarood camera wordt de infrarode stralingen via een sensor omgezet in een bepaalde laagspanning of zwakstroom waaruit dan de temperatuur van het voorwerp met een nauwkeurigheid van $0,01^{\circ}\text{C}$ te bepalen is. Lichtstralingen worden, afhankelijk van hun frequentie, door water in meer of mindere mate geabsorbeerd. In de grafiek (figuur 1) is te zien dat de absorptie van de lichtstralingen in water maximaal is voor de frequenties in het ultraviolette en infrarode spectrum. Bij het zichtbare licht is de absorptie het minste. Dit betekent dat IR-stralingen alleen in water te meten zijn indien de bron van de IR-stralingen zich dicht bij de IR-receptor (camera) bevinden. Hoe groter deze afstand, des te meer absorptie van de IR-stralingen door het water. Er is dus met dit meetapparaat sprake van contactmeting tussen de warmere watermoleculen uit het lek en de IR-receptor.



Figuur 1: Grafiek absorptie van lichtstralingen in water

Rondom de bouwkuip van Amsterdam CS zijn peilbuizen en waterspanningsmeters in voldoende mate geïnstalleerd om de variaties van de grondwaterstand en de stijghoogte in de verschillende watervoerende grondlagen te kunnen meten. Naast de waterstanden is ook de temperatuur van het grondwater eenvoudig te meten. In de praktijk blijkt dat voor elke watervoerende grondlaag een karakteristieke water temperatuur kan worden vastgesteld. Meestal heeft het water in de bouwput een andere temperatuur dan van het water uit de verschillende watervoerende grondlagen. Vanwege de nauwkeurigheid en de instellingsmogelijkheden van de IR-camera tot $0,01^{\circ}\text{C}$, zijn kleine temperatuurverschillen goed meetbaar. De voorgestelde meetmethode is inzetbaar voor bouwkuipwanden die voorzien zijn van stalen profielen die onderling zijn verbonden met een slotconstructie, zoals damwanden, combiwanden en MT-palenwanden. Deze slotconstructie is de zwakke schakel ten aanzien van waterdichtheid / waterremmendheid van de bouwkuipen, omdat juist ter plaatse van de slotconstructies lekkages kunnen optreden. Hierdoor ontstaat een plotselinge verlaging van de grondwaterstand buiten de bouwkuip, die zettingen veroorzaakt. Het grootste risico is dat een lekkage zandvoerend wordt. Buiten de bouwkuip vindt ontgroning plaats waardoor funderingen van monumentale gebouwen (in dit geval het Centraal Station) wordt ondermijnd met grote schade tot gevolg. Men moet kunnen waarborgen dat de bouwkuipwanden in voldoende mate waterremmend of waterdicht zijn. Ook voor andere type bouwkuipwanden, zoals betonnen diepwanden of in de grond gevormde palenwanden, zijn met deze meetmethode lekkages te detecteren. Lekkages ontstaan ter plaatse van de voegen van de diepwandpanelen of onvoldoende onderlinge overlap tussen de in de grond gevormde palenwand.

Van proefopstelling tot ontwikkeling prototype

In de proefopstelling is in een met water gevulde container een waterlekkage nagebootst en daarna gemeten met diverse type IR-camera's. Daarbij zijn onder andere de meetnauwkeurigheid van de camera's, debiet van de lekkage, afstand lek tot IR-camera, temperatuurverschil, etc, gevarieerd. In foto 1 is een impressie weergegeven van een meetmoment in de proefopstelling.

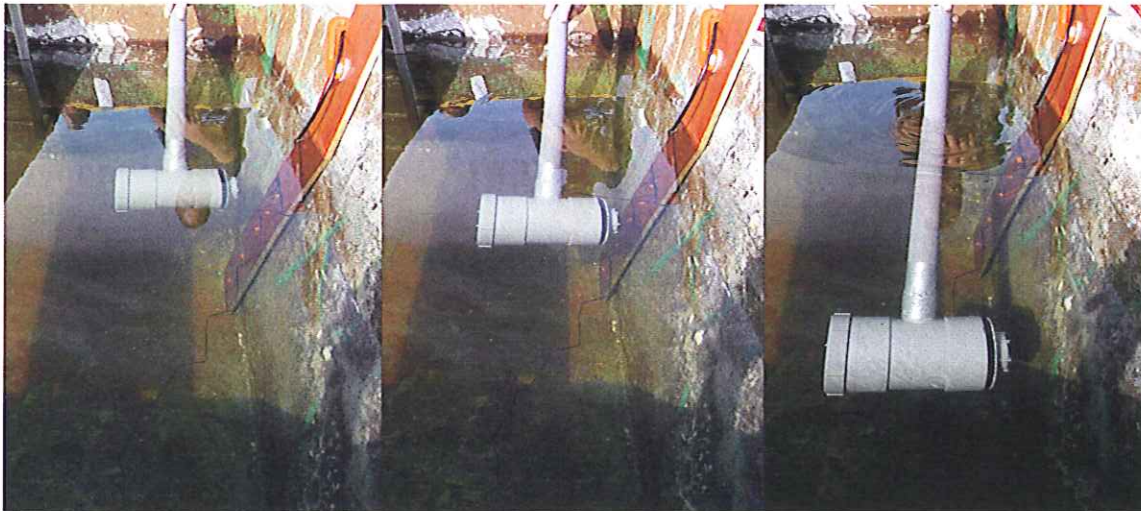
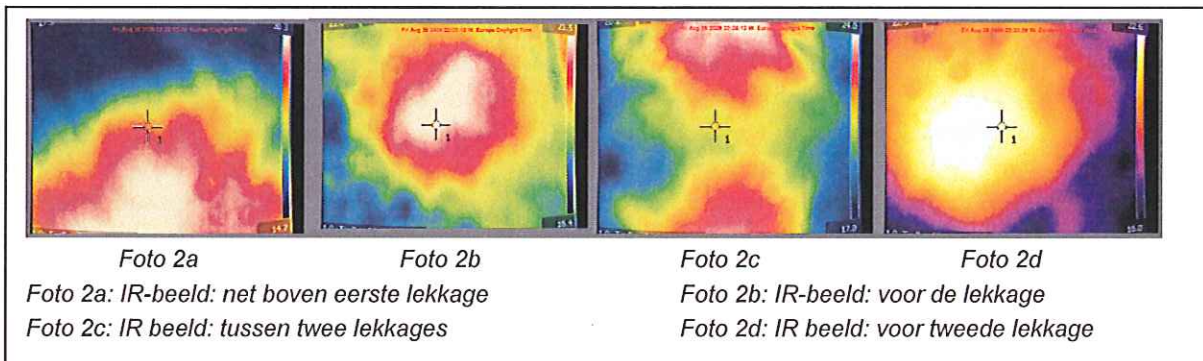


Foto 1: Eerste proefopstelling

De resultaten van de proefmetingen zijn weergegeven op foto's 2. Op de beelden geven de blauwe / paarse tinten de koude temperatuur van het water weer, bij warmere temperaturen van het water variëren de kleuren van oranje / rood tot geel/wit.. Bij elke verrichte meting past de IR-camera zich automatisch aan de minimale en maximale gemeten temperaturen (auto-scaling).



Foto's 2: Resultaten eerste proefmetingen

Op basis van de resultaten van de proefopstellingen is het meetinstrument geoptimaliseerd en verder ontwikkeld.

Het meetapparaat

Het meetapparaat bestaat uit een waterdichte behuizing van aluminium met een infrarode camera. De waterdichte behuizing is tegen een hoge waterdruk bestendig en heeft een diameter van 150 mm en lengte van circa 550 mm. De voor- en achterzijde van de behuizing is afgedicht door een deksel die voorzien van een schroefdraad en een rubberen pakking. Op de behuizing is de waterdichte aan en uit schakelaar bevestigd en een coaxiaal kabel gemonteerd. Tevens zijn aan de behuizing twee ophangpunten gelast ter behoeve van het hijssysteem. De coaxiaal kabel kan aan een laptop gekoppeld worden die de meetdata kan opslaan maar ook direct beelden visualiseert. In de behuizing is een infrarode camera, multiplexer en 12 volt accu gemonteerd. Voorzijde van de behuizing bestaat uit een aluminium ring die voorzien is van een schroefdraad en een PET-plaat van 5 mm dikte met een rubberpakking. De PET-plaat (lens van de behuizing) is infrarood doorlatend, de infrarode camera bevindt zich direct achter de PET-plaat. In foto 3 is het ontwikkelde meetapparaat weergegeven.

worden.

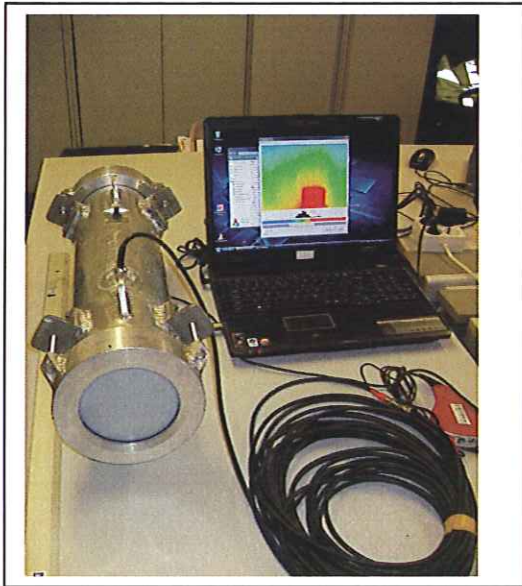
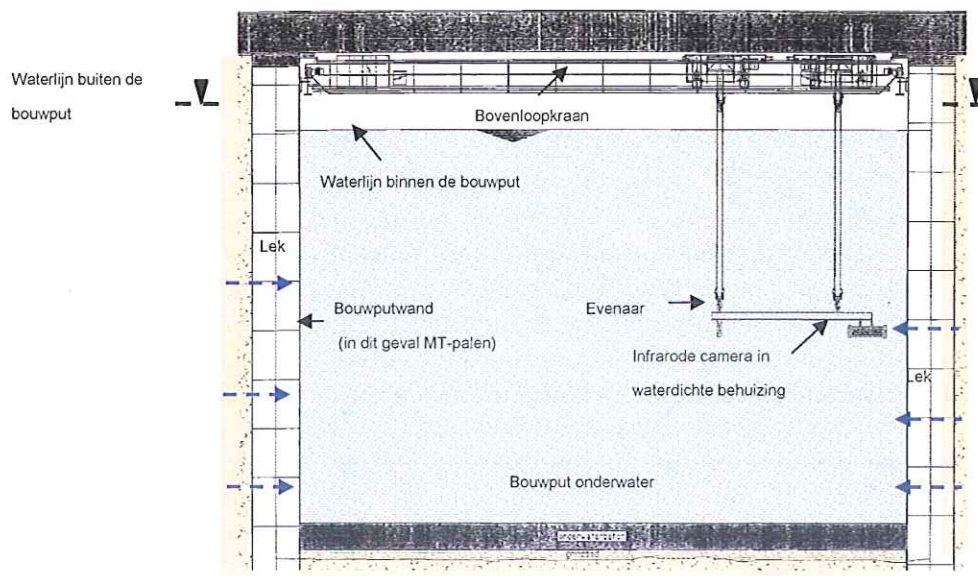


Foto 3: Het ontwikkelde meetapparaat (2^{de} generatie)

De toepassing in bouwkuipen

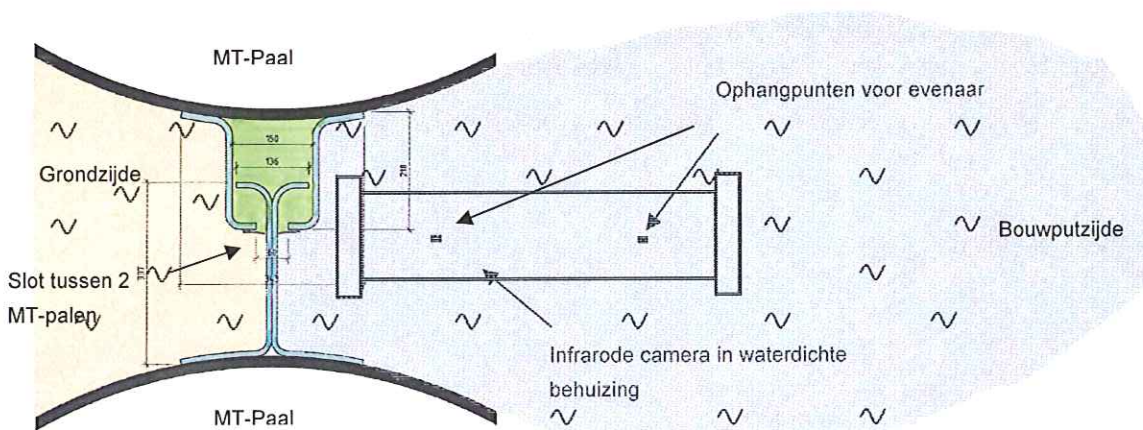
Voor de bouwkuip onder het Centraal Station in Amsterdam is de waterdichte behuizing gekoppeld aan een evenaar die onder de bovenloopkraan opgehangen (zie foto 4). Vervolgens wordt met behulp van de bovenloopkraan de evenaar met het meetapparaat langzaam naar beneden bewogen met een snelheid van enkele centimeters per seconde. De meest optimale afstand tussen de lens van de behuizing en het te controleren slot is afhankelijk van de grootte van de lekkage, maar in de praktijk wordt een afstand tussen 5 cm en 10 cm aangehouden. De maximale afstand bedraagt circa. 20 cm tot 25 cm. In figuur 2 is de bouwkuipwand van Amsterdam CS in een dwarsdoorsnede schematisch weergegeven, figuur 3 geeft een bovenaanzicht van dezelfde bouwputwand aan. In dit geval betreft het een MT-palenwand® (sloten van damwanden, combiwanden, etc. of andere type wanden zijn natuurlijk ook te meten. In figuren 4 tot en met 7 zijn voorbeelden van andere bouwputten waarin deze meetmethode is van toepassing -sloten van damwanden, combiwanden, etc.)



Figuur 2 : Doorsnede van in den natte ontgraven bouwkuip onder Amsterdam CS. Onder bovenloopkraan hangt een evenaar met de IR-camera



Foto 4 :Eerste inzet van de IR-camera (eerste prototype) onder bovenloopkraan in bouwkuip van Amsterdam Centraal Station



Figuur 3: Bovenaanzicht van de slotconstructie van MT palemwand en aanbevolen inzet van de infrarode camera in waterdichte behuizing

Proefmeting : Provinciehuis van Provincie Friesland in Leeuwarden.

Het meetsysteem is ook al toegepast in een bouwkuip onder het Provinciehuis te Leeuwarden. Alvorens de bouwkuip leeg te mogen pompen dient er zekerheid te bestaan over de waterdichte aansluiting tussen een betonnen bouwkuipvloer met de aangebrachte ankers. Ook hier is de meting snel en effectief verlopen, er konden circa. 100 aansluitingen in 1 nacht gecontroleerd worden, wat anders door verschillende duikploegen uitgevoerd moet worden). In figuur 4 is de bouwkuipvloer met ankers weergegeven nadat de bouwkuip is leeggepompt. Daarnaast is het resultaat van de IR meting met een verdachte aansluiting weergegeven.

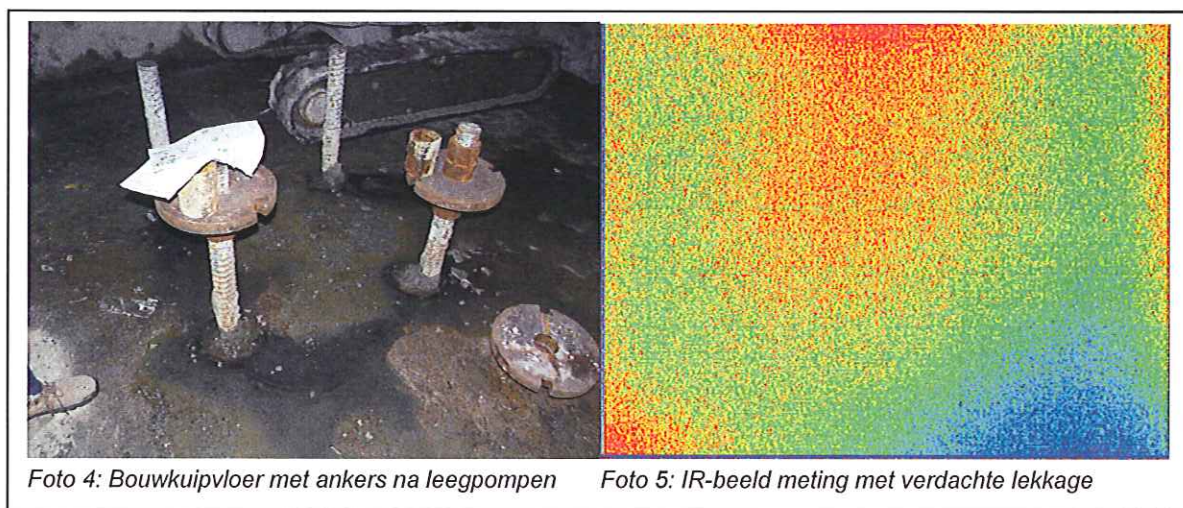
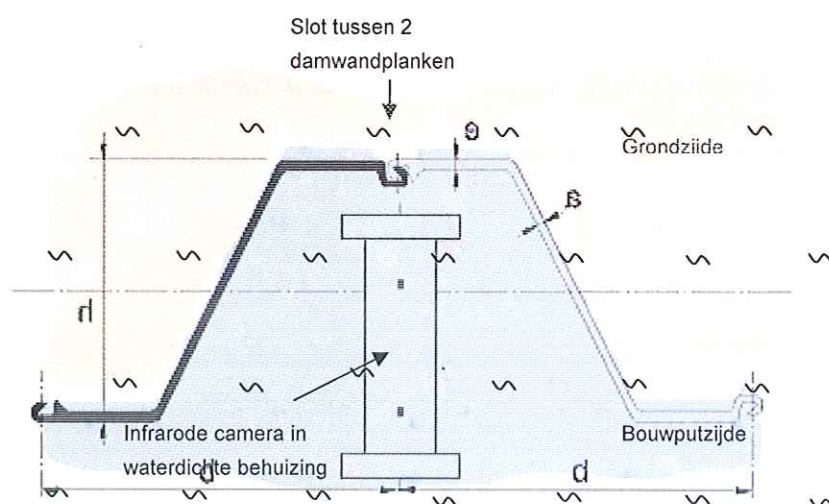
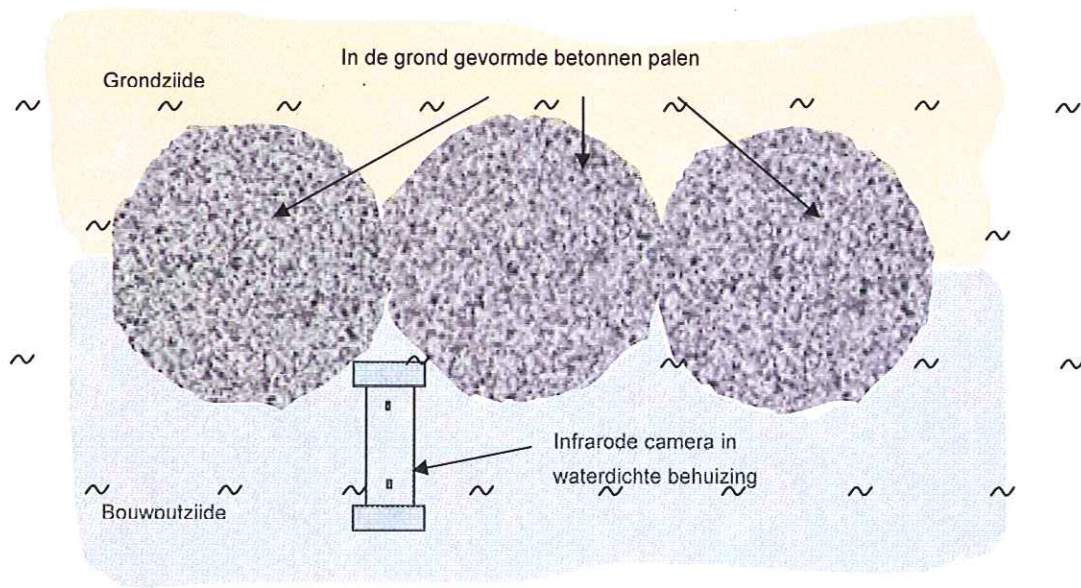


Foto 4 & 5 : Bouwkuip provinciehuis te Leeuwarden met meetresultaten

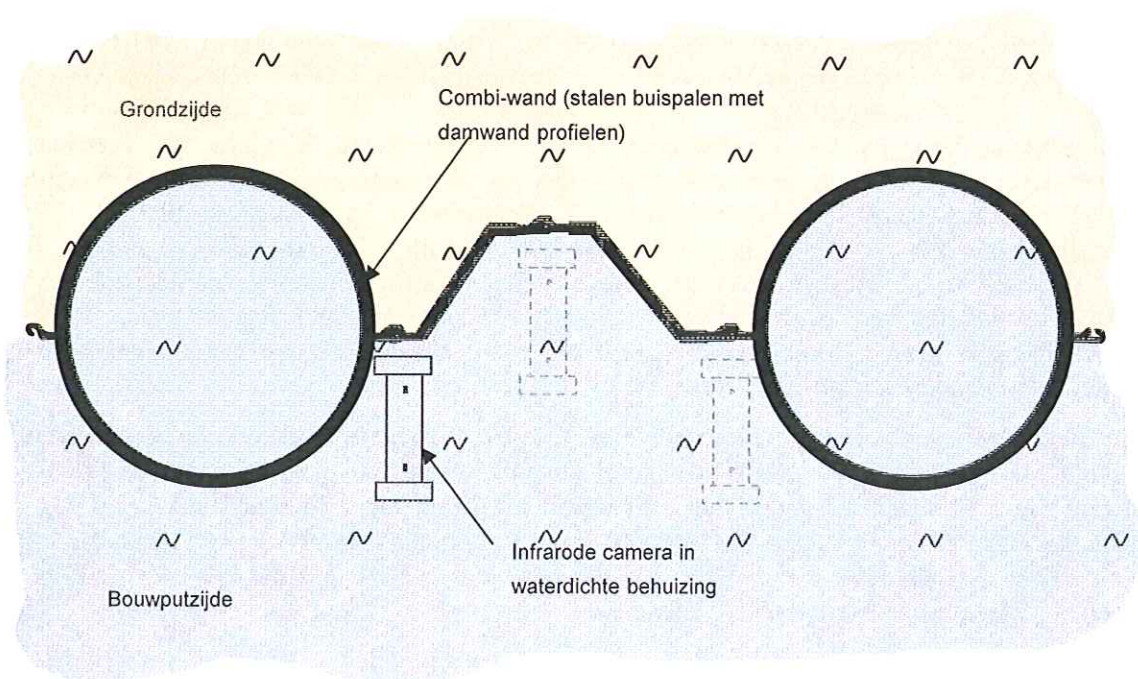
Andere toepassing voorbeelden



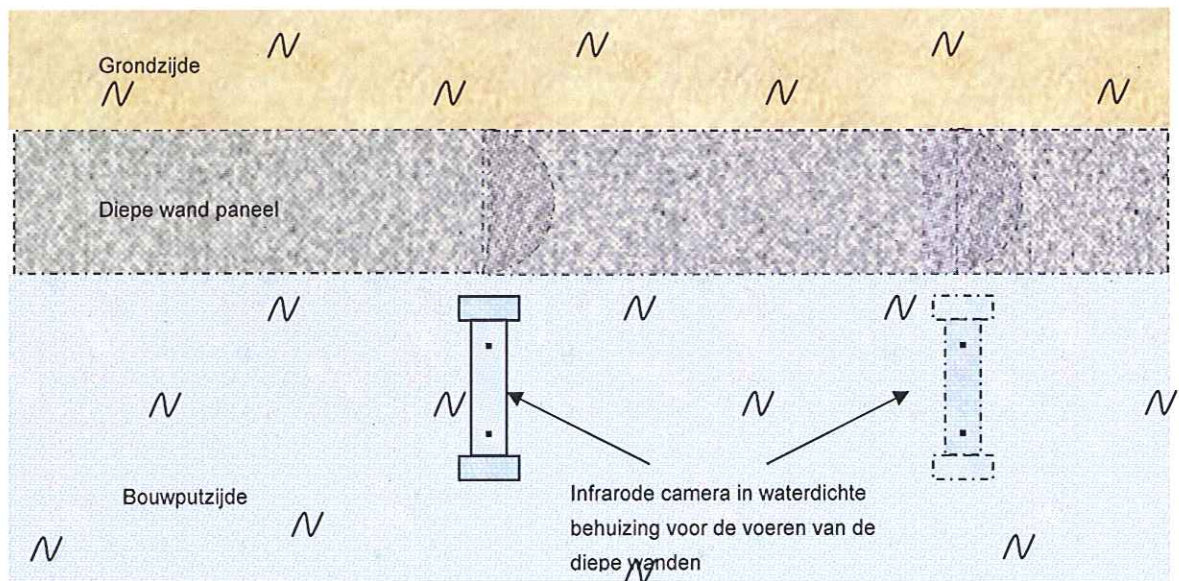
Figuur 4: Bovenaanzicht van de slotconstructie tussen 2 damwandplanken (in dit voorbeeld Z-profielen) en de aanbevolen inzet van de infrarode camera in waterdichte behuizing



Figuur 5: Bovenaanzicht van een in de grond gevormde betonnen palen gemaakte wand en de aanbevolen inzet van de infrarode camera in waterdichte behuizing



Figuur 6: Bovenaanzicht van een combi-wand (combinatie van stalen buispalen en damwand profielen) en de mogelijke inzet van de infrarode camera in waterdichte behuizing



Figuur 7: Bovenaanzicht van een diepe wand (in de grond gevormde betonnen panelen) en de mogelijke inzet van de infrarode camera in waterdichte behuizing

Conclusie

Deze infrarood meetmethode is zeer innovatief. Deze techniek is onder water nog niet eerder toegepaste en is ten behoeve van de bouwkuip onder het Centraal Station verder ontwikkeld en vervolgens succesvol toegepast. Tevens is deze methode breed toepasbaar veel bij andere bouwkuipen die met water gevuld zijn. Dit meetsysteem heeft een groot praktisch nut, de significante meerwaarde van dit systeem is dat op een vrij eenvoudige wijze lekkages nauwkeurig opgespoord kunnen worden (ook in meetdata en visueel vast te leggen zijn) waar anders voorheen dure en gevaarlijke duikerwerkzaamheden voor nodig waren. Het economisch potentieel is enorm omdat veel bouwkuipen op lekkages gecontroleerd dienen te worden alvorens veilig leeggepompt kunnen worden, zonder dat er risico is op nadelige beïnvloeding op de omgeving (verzakken van bebouwing, etc.). De meetmethode is niet alleen in Nederland maar ook in het buitenland zeer interessant, omdat daar ook soortgelijke problematiek is met bouwkuipen.

De meetmethode is van hoge kwaliteit en nog niet eerder is toegepast en is daarom ook gepatenteerd (octrooi is aangevraagd). Bovendien is de maatschappelijke waarde van deze meetmethode zeker aanwezig omdat in het kader van de gehele problematiek van ongelukken met lekkende bouwkuipwanden van onder andere de Noord Zuidlijn tot enorme imagoschade leidt. Met deze ontwikkelde meetmethode is een zeer effectieve en eenvoudige beheersmaatregel op het risico van lekkende bouwkuipwanden voorhanden gekomen.

22-11-2010