

'Directional Drilling', een bijzondere manier van leidingleggen

Samenvatting

Door middel van 'directional drilling' – bestuurbare horizontale boormethode op z'n Nederlands – kunnen leidingen, zoals buizen en kabels aangebracht worden in grote flauw gebogen bochten diep onder een te passeren obstakel.

Na een beschrijving in detail van de techniek, wordt vervolgens aan de hand van kruisingen met waterkeringen ingegaan op het toepassen van deze methode ten opzichte van andere tot dusver gebruikelijke constructiewijzen.



I.R. L. E. B. SAATHOF
RWS
Dienst Weg- en
Waterbouwkunde

Er worden veiligheidsaspecten behandeld uit de richtlijnen welke voor deze methode zijn opgesteld in geval van kruisingen met waterkeringen [lit. 4].

Techniek van directional drilling

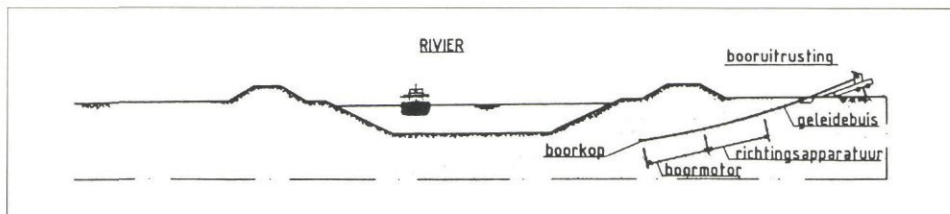
Introductie

In Nederland is reeds in een twintigtal projecten de bestuurbare horizontale boormethode toegepast (zie o.a. lit. [1]). Vooral als alternatief voor zinkers en persingen bij leidingkruisingen met waterwegen en waterkeringen is deze methode gebruikt voor het aanbrengen van stalen buizen variërend in diameter van 300 tot 800 mm over lengtes tussen de 180 en 850 m.

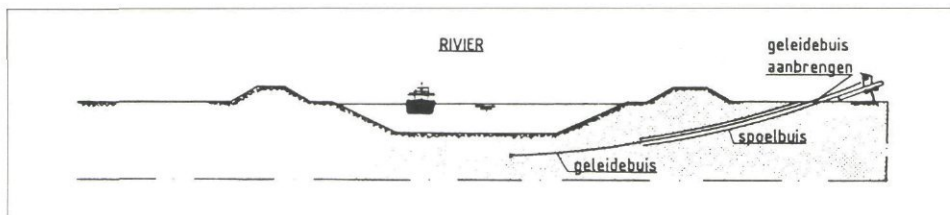
Een van de bijzonderheden is de diepe ligging, globaal 10 m beneden het maaiveld; bij één project zelfs tot NAP -40 m toe. Ook bijzonder is dat eerst een verkennend boorgat gemaakt wordt met een dunne relatief flexibele en mede daardoor bestuurbare buis. Wanneer deze eventueel na meerdere pogingen naar tevredenheid is aangebracht wordt pas de definitieve buis, opgebouwd uit rechte buisdelen, ingetrokken. Bovendien wordt er van maaiveld naar maaiveld gewerkt; een bouwput is dus niet nodig. Kortom een bijzondere manier van leidingleggen.

Oorsprong van de methode

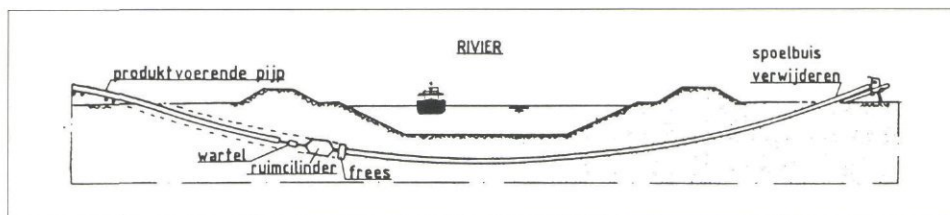
De techniek komt uit de wereld van de olie- en gasindustrie. Vanuit één boorlocatie worden vaak meerdere boringen gemaakt opdat bijvoorbeeld een olieveld efficiënter kan worden geëxploiteerd. Het sturen van de boring in andere dan de verticale richting werd eind jaren zestig ontwikkeld en in de jaren zeventig kwam de eerste toepassing voor het leggen van leidingen; eerst in de Verenigde Staten vooral voor rivierkruisingen. Nadien zijn er wereldwijd, maar vooral in de VS honderden uitgevoerd.



Afb. 1 - Principe werkwijze directional drilling, fase 1.



Afb. 2 - Principe werkwijze directional drilling, fase 2.



Afb. 3 - Principe werkwijze directional drilling, fase 3.

Principe-werkwijze

Vanuit een op het maaiveld opgestelde boorstelling begint men de boring met een flauwe hoek tussen de 8° en 12°. De boorbuizen zijn standaard boorbuizen met schroefverbindingen van 9 à 10 m lang. Met kleine diameter buizen wordt een gat gemaakt, waarna eenmaal op de gewenste plaats bovengekomen, de aldaar geprepareerde transportbuis (of kabel) door de boorstelling in het gat wordt getrokken.

De eerste buis, geleidebuis genaamd, met een diameter van ongeveer 75 mm heeft voorop een boorkop, aangedreven door een boormotor die zich bevindt in het voorste deel van de streng. Deze streng wordt de grond in geduwd.

Ook voorin zit richtingsbepalingsapparatuur, waarmee de positie van de boorkop kan worden bepaald (afb. 1).

Veelal wordt hierover een grotere buis geschoven, spoelbuis genaamd met een diameter van ongeveer 120 mm, teneinde de stevigheid te vergroten en met als tweede doel de wrijving voor de geleidebuis te verminderen. Bovendien is voor het terugtrekken vaak een grotere torsie nodig dan door de geleidebuis kan worden overgebracht (afb. 2).

Eenmaal op de gewenste plek boven de grond gekomen wordt de kleinere geleidebuis verwijderd. Vervolgens wordt met de spoelbuis het gat geruimd en de transportbuis door het gat teruggetrokken door de boorstelling (afb. 3).

Vanwege de toegepaste flauwe bochten, bochtstraal groter dan 1000 maal de diameter, kan de transportbuis een gewone rechte streng zijn. Het met de kleine buizen gecreëerde gat moet wel groter gemaakt, opgeruimd worden.

Boorvloeistof

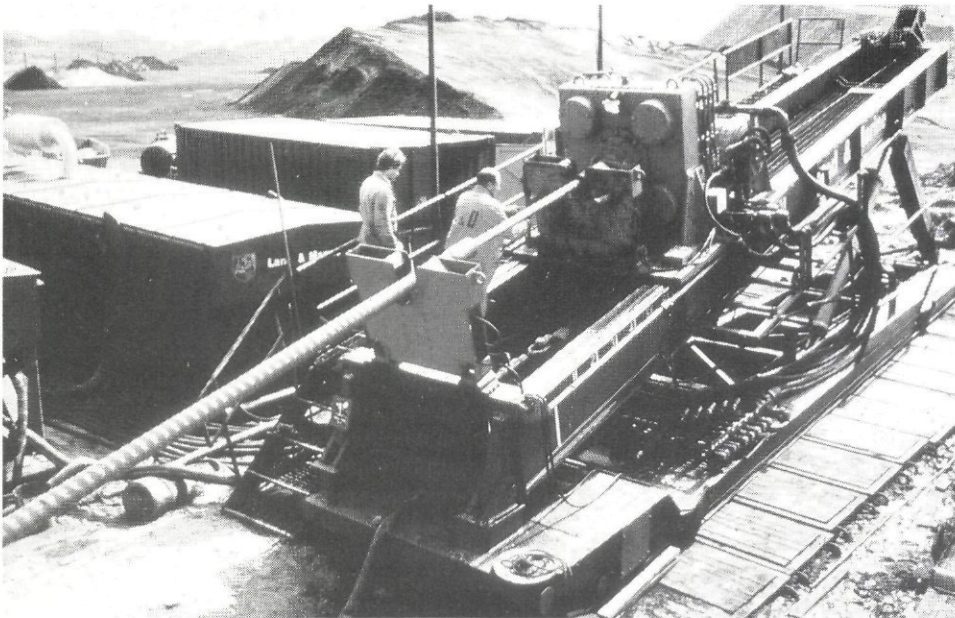
Speciaal genoemd mag worden de zogenaamde boorvloeistof die wordt gebruikt, en waarvan de volgende functies kunnen worden genoemd:

1. aandrijving van de boormotor;
2. transport van losgewoelde grond naar het maaiveld;
3. vermindering van de wrijving van het buizenstelsel bij het draaien en het verplaatsen in de bodem;
4. instandhouding van het boorgat.

Als boorvloeistof kan water gebruikt worden, maar in de meeste gevallen wordt daaraan bentoniet toegevoegd; een kleisoort die het kleimineraal montmorilloniet bevat. Deze bentoniet heeft enkele nogal bijzondere eigenschappen waarvan het afpleisteren van de gatwand wel de meest bijzondere is. Door osmotische werking over de gatwand ontstaat er een drukverschil dat instorten tegengaat. Bedacht moet worden dat waar sprake is van een boorgat deze steeds gevuld is met de boorvloeistof en de daarin opgenomen gronddeeltjes en grondbrokken.

Boorstelling

De boorstelling bestaat uit een verstelbaar frame, waarover de zogenaamde boortafel heen en weer kan rijden (afb. 4.). De buizen



Afb. 4 - Boorstelling.

kunnen al of niet draaiend, geduwd of getrokken worden. Bovendien kan door de buizen boorvloeistof worden gepompt. Daarvoor zijn naast de boorstelling pompen en een mengbassin nodig voor de boorvloeistof en generatoren voor de energievoorziening.

Boorkop en motor

De gebruikte boormotor is een positieve verdringingsmotor. Een spiraalvormige rotor wordt door debiet gedwongen te draaien in een eveneens spiraalvormig rubber huis, de stator genaamd (afb. 5). Op de boorkop zitten een paar spuitmonden waarlangs de boorvloeistof naar buiten kan treden. Ook deze boorkop is in veel vormen en typen commercieel op de markt. Met de boorkop wordt de grond losgewoeld, zodat een gat ontstaat met een iets grotere diameter dan die van de geleidebuis. Langs de buitenomtrek stroomt het mengsel boorvloeistof en grond terug richting boorstelling alwaar het opgevangen wordt.

Sturing

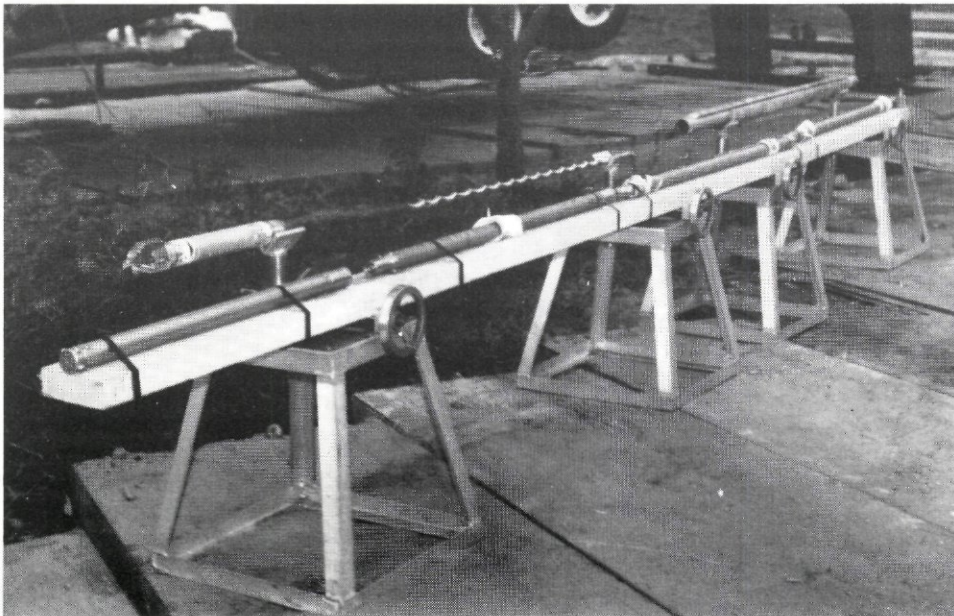
Sturing is mogelijk met behulp van een achter de boorkop en motor zittend bochtstukje. Alhoewel het een kleine bochthoek heeft van 1 à 3 graden, werkt het voldoende. Door het bochtje wordt de boorwerking uit de as verricht en daardoor zet de geleidebuis zich af tegen de gatwand en begint de buis te krommen (afb. 6.). Wanneer nu de hele streng 180 graden wordt gedraaid, wordt een tegengestelde kromming begonnen. Regelmatig draaien geeft een gemiddeld rechte lijn.

De sturing is ook afhankelijk van:
– het toerental van de boorkop, dus het debiet waarmee wordt gepompt (het toerental

ligt in de orde van enkele honderden per minuut);
– de duwkracht op de boorstreng;
– de zwaarte en viscositeit van de boorvloeistof.
Aldus kan gestuurd worden.

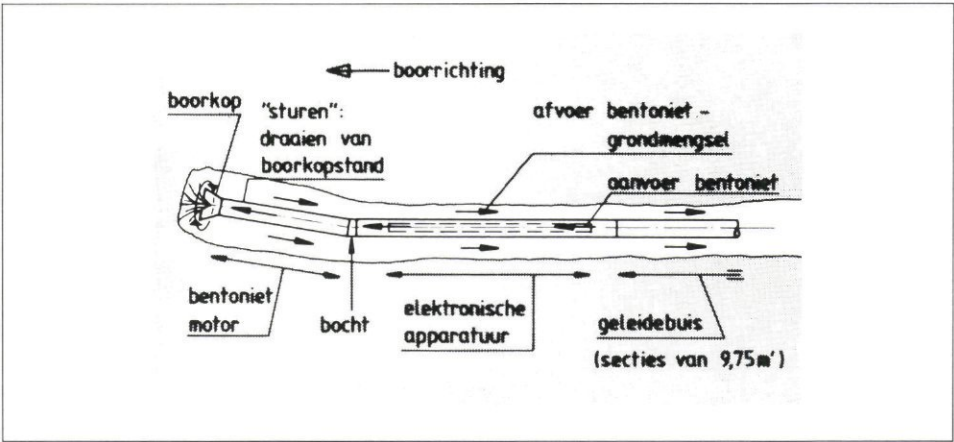
Plaatsbepaling

Om de boring te kunnen sturen is kennis nodig over de positie van de boorkop en de stand van het bochtje. Hiervoor zorgt een stuk electronica. Achter de motor en het bochtstuk zit een meetsectie waar de kompashoek met het magnetische noorden wordt gemeten, alsmede de hellingshoek met de verticaal. Ook deze apparatuur is commercieel op de markt. De gegevens worden in een besturingscabine gepresenteerd. Samen met de door de operator in te voeren strenglengte berekent een computer de positie van de boorkop.



Afb. 5 - Uiteengenomen boorkop en motor.

Afb. 6 - Schema boorkop en besturing.



De signaaloverdracht van de meetsectie naar de besturingscabine gebeurt op verschillende wijzen, meestal gebruikt men hiervoor een draadverbinding door de geleidebuis. Bij het inbrengen van de buizen moet dit dus steeds losgekoppeld en verlengd worden. Er zijn ook systemen, die gebruik maken van langegolf radiofrequenties door de grond of met signaaloverdracht via de boorvloeistof in de geleidebuis.

Nauwkeurigheid

In zekere zin is de nauwkeurigheid goed te noemen: men kan de piket raken die op het gewenste uittredepunt is ingeslagen, maar meestal lukt dit niet in één keer. De globale nauwkeurigheid kan op 1 à 2% van de geboorde lengte worden gesteld. Door de geleidebuis enkele buislengten terug te trekken, ingeval van bovenkomst op een ongewenste plaats, kan men een hernieuwde poging ondernemen en tevens de plaatsbepalingsapparatuur opnieuw ijken aan de in te meten uittredepositie. De afwijking is meestal te wijten aan onnauwkeurigheden in de plaatsbepaling, de metingen worden bijvoorbeeld nogal beïnvloed door de aanwezigheid van metalen objecten en hoogspanningskabels in de ondergrond, vanwege het gebruikelijke magnetische meetprincipe. Uiteraard hangt de nauwkeurigheid van de boring ook af van de aanwezige grondslag en vooral van het vakmanschap van het personeel.

Opruimen van het gat

Omdat de in te trekken leidingen meestal een grotere diameter hebben dan de spoelbuis moet het in de grond gevormde gat worden opgeruimd.

Voor het intrekken gebruikt men meestal de spoelbuis, daarom wordt eerst de geleide buis met de boorkop enz., verwijderd uit de spoelbuis.

Voor een goede en veilige intrekeoperatie is het gebruikelijk het gat tijdens het intrekken



Afb. 8 - Intrekken tweetal leidingen.

ongeveer 0,3 m groter te maken dan de diameter van de in te trekken leiding. Het opruimen gebeurt met een zogenaamde ruimer – meestal gevormd door een stijfgemaakt dikwandig buisdeel van grotere diameter met daarop gehard stalen tanden. In sommige gevallen gebruikt men daarachter nog een cilinder met een lengte van ongeveer 2 m om een goede gatwand te creëren. Aan de voor- en achterzijde van deze ruimcilinder al of niet voorzien van snijtanden, wordt via spuitmonden boorvloeistof gespoten.

De ruimer wordt draaiend de grond ingetrokken aan de spoelbuis, die daarvoor uiteraard de benodigde sterkte moet kunnen overbrengen vanaf de boorstelling. Meedraaien van de in te trekken buis wordt voorkomen door deze met een wartel te verbinden achter de ruimer (afb. 7).

Intrekken

De in te trekken buis kan meestal nabij het

uittredepunt in één lengte worden opgebouwd en getest. Vanaf de rollenbaan wordt deze in een vloeiende lijn voor de spoelbuis gebracht waarna de verbinding tussen de trekkop en de wartel gemaakt wordt (afb. 8).

Het eigenlijke intrekken begint in een vanaf dat moment continu proces, dat meestal binnen 24 uur gerealiseerd is. Daarna kan het materieel gedemobiliseerd worden, waarna de aansluitingen met de veldleidingen tot stand gebracht worden.

Leidingkruisingen met waterkeringen

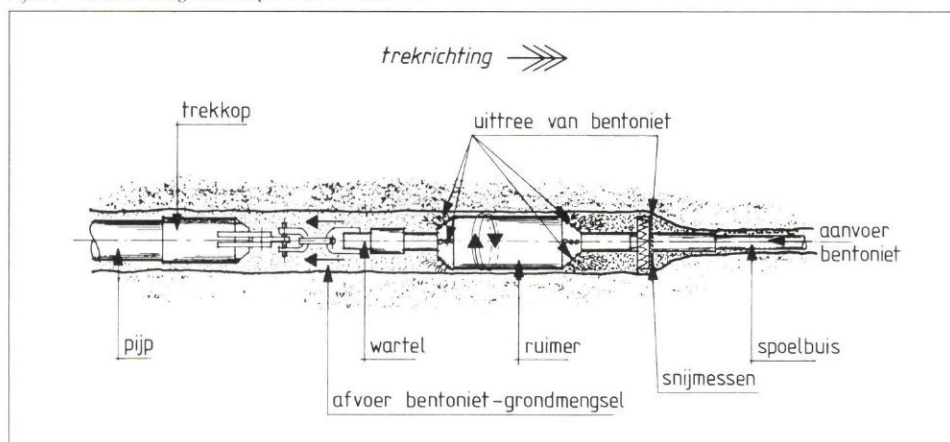
De meeste toepassingen van deze methode in Nederland betreffen leidingkruisingen met waterkeringen. Daarom wordt hier een beschouwing gegeven over de veiligheidsaspecten van deze methode ten opzichte van gebruikelijke constructiewijzen.

Algemene bezwaren

Zeer beknopt gezegd zijn er bezwaren tegen leidingen door waterkeringen vanwege de volgende drie punten:

1. graafwerk; zowel bij aanleg als bij onderhoud ontstaat een geroerde grondslag, die ongewenst is;
2. lekkage; bezwijken van de leiding is uiteraard ongewenst, maar ook kleine lekken van vloeistofleidingen geven kans op verweken van de grond met stabiliteitsverlies;
3. langloopsheid; dit verschijnsel ontstaat wanneer grondwaterstroming zich concentreert langs constructies met het gevaar dat gronddeeltjes worden meegevoerd. Bij buisleidingen is dit niet denkbeeldig wanneer er door zettingsverschillen ruimte onder de leiding ontstaat.

Afb. 7 - Schema terugtrekken spoelbuis en mediumbuis.



Vanwege deze bezwaren worden aan leidingkruisingen met waterkeringen door beheerders van waterkeringen – meestal waterschappen – vergunningseisen gesteld. Voor conventionele leidingkruisingen worden deze onder meer beschreven in lit. [2] en [3], terwijl voor de bestuurbare horizontale boormethode aanvullende richtlijnen zijn opgesteld [lit. 4].

Vergunningsvoorwaarden

Een opsomming van alle vergunningseisen zou te ver voeren, maar enkele belangrijke punten zijn:

1. het ontwerp moet gebaseerd zijn op een grondmechanisch onderzoek, voor de laagherkenning en de vaststelling van de grondmechanische parameters;
2. de spanningen moeten getoetst worden aan toelaatbare spanningen door middel van een sterkteberekening, gebaseerd op ontwerpwaarden voor inwendige druk, temperatuur, grond- en verkeersbelasting, zettingen, enz.;
3. er worden eisen gesteld aan de constructiewijze;
4. soms worden bijkomende constructies vereist, zoals erosieschermen, zakbakken, enz.;
5. extra aandacht wordt vereist ten aanzien van controles, zoals lascontroles, afpersen, enz.

Voor de in dit artikel beschreven boormethode is het daarnaast ook van belang met het grondonderzoek de zuurgraad en het zoutgehalte vast te stellen van de ondergrond langs het geplande tracé. Het gedrag van de boorvloeistof is hiervoor nogal gevoelig. Daar grind en keien uitvoering van de methode nagenoeg onmogelijk maken is vaststelling van de aanwezigheid ervan essentieel.

Omdat de onder punt 4 genoemde erosieschermen, of beter gezegd het ontbreken van deze schermen bij toepassing van de onderhavige methode, in de veiligheidsanalyse een rol speelt, hierover iets meer.

Het erosiescherm bestaat uit een stalen damwandscherm of kistdam, ongeveer in de kruin van de kering.

De leiding wordt er doorheen gevoerd met een grond- en waterkerende afdichting. Bij een calamiteit dient zo'n scherm als effectbeperkend middel. Immers, als de leiding in de kruising mocht barsten, beperkt de erosie zich tot één zijde van de kering, tenminste als het scherm zich over voldoende lengte in de kering uitstrekt en als vervangende waterkering goed is gedimensioneerd.

De 'minnen' van de methode

Ten opzichte van tot dusver gebruikelijke methoden heeft de bestuurbare horizontale boormethode een aantal verschilpunten, waarvan een aantal het veiligheidsaspect beïnvloeden.

Als minpunten kunnen genoemd worden:

1. er kan geen damwand als erosiescherm worden geplaatst, waardoor een calamiteit met de leiding in de kruising ook een calamiteit voor de waterkering betekent;
2. er is geen reële reparatiemogelijkheid aanwezig;
3. kleine lekkages worden minder gauw opgemerkt;
4. er bestaat kans op langsloopsheid bij doorsnijding van grondlagen met verschil in stijghoogte. Een aandrijvende kracht is daar aanwezig. Uitzakking van de boorvloeistof is geconstateerd; als nu langs de buitenomtrek van de produktvoerende buis een kanaaltje gevuld met water zou ontstaan is daarmee een uiterst ongewenste situatie ontstaan;
5. ook tijdens de uitvoering kan bij deze methode zich een ongewenste situatie voordoen. Rondom de boorbuizen wordt een zone met verhoogde druk gecreëerd door het onder hoge druk verpompen van de boorvloeistof. In de praktijk ziet men ook vaak dat er ergens opbarsten optreedt, meestal van te verwaarlozen grootte, maar vooral ingeval van een blokkering van de terugstroom langs de buis kan dit ongewenst grote gevolgen aannemen. De verhoogde druk en de zich ongecontroleerd verspreidende boorvloeistof kunnen de stabiliteit van de waterkering nadelig beïnvloeden.

Niet zozeer als probleem voor de waterkering, maar wel als bezwaar voor de waterhuishouding, geldt de kans op verontreiniging van het pleistoceen, daar waar dit een bron voor de drinkwatervoorziening is. Deze situatie doet zich uiteraard alleen voor bij potentieel verontreinigende leidingen, zoals olie- en vuilwaterleidingen. Normaal komen leidingen in het westen van Nederland niet zo diep in het pleistoceen te liggen. Voorlopig wordt in zo'n situatie een mantelbuis vereist.

In de Verenigde Staten, waar dit systeem zijn oorsprong heeft, vindt men het algemeen gewenst leidingen óver een waterkering te voeren, vooral vanwege het gevaar van langsloopsheid door de daar aanwezige grondslag.

Daarom weert men in het algemeen boringen en persingen en ook de bestuurbare horizontale boormethode uit waterkeringen. Bovendien acht men het, gezien de kosten van de aldaar gebruikelijke constructiewijzen, om economische redenen niet nodig van deze regel af te wijken voor de onderhavige constructiewijze.

De 'plussen' van de methode

Gelukkig kunnen ook vele pluspunten van de methode worden genoemd ten aanzien van de veiligheid bij gebruik van de bestuurbare horizontale boormethode.

1. De diepe ligging, tot 10 à 20 m beneden maaiveld, houdt een zeer beschermde ligging in: er is nog maar een zeer kleine kans op beschadiging door derden.
2. De diepe ligging heeft ook tot gevolg dat de leiding nauwelijks nog een zettingsbelasting krijgt te verwerken. De slappe samendrukbare lagen zullen zich heel vaak grotendeels boven het niveau van de leiding bevinden. Bij conventionele leidingkruisingen met waterkeringen vormt de zetting vaak een zeer grote belasting.
3. De leidingkruising kan in zijn geheel uit rechte buisdelen opgebouwd worden. Hierdoor en door de betere werkomstandigheden is het laswerk en het herstellen van de bekleding beter uit te voeren met daardoor waarschijnlijk minder kans op onvolkomenheden. Tevens heeft dit vloeiend verloop uiteraard ook hydraulische voordelen en spaart men de anders vaak noodzakelijke fabrieksbochten uit.
4. Eenmaal op zijn plaats aangebracht is er voor de leiding zeker een betere inbedding of oplegging te verwachten.
5. Geen damwand is een nadeel, maar geen damwanddoorvoer is een voordeel. Er bestaat bij zo'n doorvoer kans op metallisch contact als de leiding meer zakt dan de vrije ruimte in de doorvoer toelaat.
6. Er is een nagenoeg volledige scheiding tussen het te passeren object en de leiding, zodat bijvoorbeeld het afschuiven van de waterkering geen directe gevolgen voor de leiding hoeft te hebben. Daarom zullen latere reconstructies van het te passeren object, denk aan dijkverzwaringen en weg-reconstructies, zelden leiden tot de noodzaak de leiding aan te passen.
7. Daarenboven zijn er voor de opdrachtgever nog wel een aantal voordelen te noemen, die niet direct de veiligheid betreffen:
 - nazorg aan wegdek en oeverconstructies, enz. wordt vermeden;
 - in het algemeen is er meer gebruiksvrijheid op het maaiveld;
 - er doen zich geen problemen voor met uitgekomen specie, zoals bij zinkers nog wel eens het geval is;
 - een korte constructieduur is mogelijk (in de orde van weken in plaats van maanden);
 - de methode is mede hierdoor publiek-vriendelijk, denk aan weg- en scheepvaartverkeer;
 - meerdere buizen en kabels kunnen in één keer aangebracht worden;
 - er is soms sprake van direct kosten-voordeel.

Afweging van 'plussen' en 'minnen'

Bij de beantwoording van de vraag deze methode te mogen toepassen voor leidingkruisingen met waterkeringen heeft men van

waterstaatszijde getracht hiervoor een risico-analyse te maken. Het opstellen van risico-analyses voor leidingen blijkt een zeer moeilijke materie te zijn, daarom is voorlopig voortgebouwd op een Verkenning inzake een risico-analyse van hogedrukleidingen [lit. 5]. Voor hoofdwaterkeringen, boezemkaden en tweede waterkeringen worden leiding-kruisingen van vloeistof- en gasleidingen daarin in beschouwing genomen.

Bijvoorbeeld voor een vloeistofleiding (olie) door een hoofdwaterkering zijn, met behulp van voornoemde Verkenning de navolgende groottes af te leiden voor de verandering van de toegevoegde inundatiekansen. Met toegevoegde inundatiekansen wordt bedoeld de kans op inundatie als gevolg van de aanwezigheid van de leidingkruising, die wordt toegevoegd aan de aanwezige inundatiekansen als gevolg van falen van de waterkering sec.

– Afwezigheid van de damwand geeft een vergroting van de toegevoegde inundatiekansen met een factor 2.

– Ongeveer een halvering treedt op als

gevolg van vermindering van de kans op:

- beschadiging door derden;
- uitwendige corrosie;
- falen door grotere zettingen dan verwacht;
- materieel- en constructiefouten.

Voor dit geval werd geconcludeerd dat de toegevoegde inundatiekansen ongewijzigd blijft vergeleken met de gangbare constructiewijze.

De genoemde richtlijnen bevelen aan om geen situatie te creëren waarbij de leiding in het pleistocene diepe zand komt te liggen, als daar een grotere stijghoogte is dan de freatische grondwaterstand (polderpeil). Men zou een kwelprobleem introduceren ingeval van langloopsheid. Nader onderzoek zou uit kunnen wijzen in hoeverre dit kan worden voorkomen door een zwaardere boorvloeistof te gebruiken of door na-injecties uit te voeren.

Een bijna analoge situatie doet zich voor wanneer bij kruising van een watergang (rivier, kanaal, enz.) de kwelwegen langs de buis minder weerstand hebben dan die via de ondergrond zonder leiding. De richtlijnen

geven regels om dit van geval tot geval na te gaan.

Slot

1. De bestuurbare horizontale boormethode lijkt een welhaast ideale oplossing voor het aanbrengen van één of meer leidingen, vanwege de nagenoeg volledige scheiding van het te passeren object en de leiding(en).

2. De methode is niet mogelijk bij aanwezigheid van grind of keien in het geplande tracé. Goed en aangepast grondonderzoek is van essentieel belang.

3. Voor kruisingen met waterkeringen zijn er richtlijnen opgesteld [lit. 4].

4. Voor toepassing in situaties zonder waterkeringen is het reëel na te gaan of onderdelen van de richtlijnen wel van toepassing zijn. Bij het opstellen van de richtlijnen is men uiteraard uitgegaan van de specifieke situatie bij waterkeringen en het veiligheidsniveau dat voor waterkeringen wordt nagestreefd.

Een goed voorbeeld van wat met deze methode mogelijk is wordt in afb. 9 getoond van een werk uitgevoerd voor de Gasunie, waar een 16"-leiding over 420 m werd aangebracht door Vloeigas-Leidingen en Land & Offshore.

Enkele aanbevelingen voor nader onderzoek:

1. Onderzoek naar het gedrag op fange duur van de gebruikte boorvloeistoffen. Ten eerste vanwege het geopperde gevaar voor langloopsheid; is dit een terechte vrees?

Ten tweede vanwege de interactie van de leiding met de omringende grondslag, die bestaat uit boorvloeistof, ten dele gemengd met grond.

2. Verbetering van de plaatsbepalings-apparaat, omdat in het dichtgebouwde Nederland deze vaak ongewenste beïnvloeding ondervindt vanuit de omgeving als gevolg van het huidige magnetische meetprincipe.

3. Proefnemingen om na te gaan of ook andere materialen zoals HDPE geschikt zijn.

4. Ontwikkeling van technieken die hergebruik van de bentoniet in de boorvloeistof goed en economisch mogelijk maken.

Literatuur

1. Keizer, D. F. M. en Kreber, J. (1986). *Transportleiding Europoort-Westland*. H₂O (19) 1986, nr. 8, pag. 161.
2. *Leidraad voor constructie en beheer van vloeistofleidingen in en nabij waterkeringen*. TAW, Staatsuitgeverij, 1971.
3. *Pijpleidingcode 1972*. Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland, rev. 1984.
4. *Richtlijnen voor leidingkruisingen met waterstaatswerken volgens de bestuurbare horizontale boormethode*. Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland, 1985.
5. *Verkenning inzake risico-analyse van hogedrukleidingen*. Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland, 1978.



Afb. 9 - Directional drilling in vogelvlucht. Foto: aerocamera-Bart Hofmeester.

