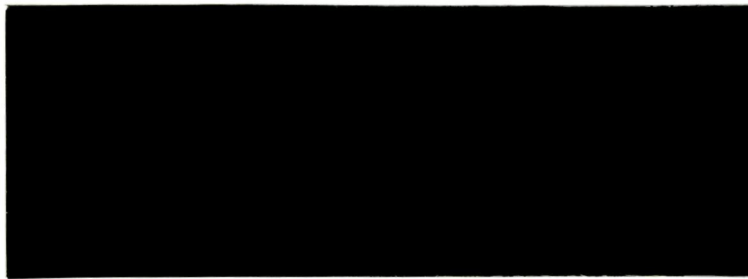


Nov '80



Ingenieursbureau Wegenbouw

Gemeente werken
ROTTERDAM



Aanbrengen van een leiding Ø 90 mm
met een NO-DIG-methode in
Rotterdam

In dit rapport wordt nader ingegaan op de ervaringen met de aanleg via de Flow-Mole-methode van een afvalwaterleiding met een lengte van Ø 90 mm en een lengte van ca. 130 m. Hierbij is geboord onder een drukke verkeersweg, een spooremlacement en een hoofdwaterkering door nabij de Waalhaven O.z. in Rotterdam-Zuid.

Gemeentewerken Rotterdam
Ingenieursbureau Wegenbouw
november 1988
ir. W. de Groot

Inhoud

	Blz.
1. Inleiding	3
2. Samenvatting	4
3. Beschrijving van de toegepaste boormethode	5
4. Het project	6
5. Projectgegevens en te onderzoeken aspecten	7
5.1 Projectgegevens	7
5.2 Te onderzoeken aspecten	8
6. De uitvoering	9
6.1 Het boren	9
6.2 Het aanbrengen van de leiding	10
6.3 Demonstratieboring	10
7. Nabeschuwing	12

1.

Inleiding

Het aanbrengen van kabels en kleine buizen gebeurt in steden als Rotterdam nog voornamelijk op de conventionele wijze. Het graven van de benodigde sleuven en de overlast gaan dan nog steeds hand in hand.

In gebieden met een minder complexe stedelijke infrastructuur worden, in Nederland, sinds 1987 op kleine schaal moderne en geavanceerde "No Dig"-technieken toegepast. Door een grote flexibiliteit, bestuurbaarheid en gering ruimtebeslag lijken deze methoden met name ook geschikt voor gebruik in dergelijke stedelijke gebieden.

Om af te wegen om dergelijke technieken toe te gaan passen binnen een complexe stedelijke infrastructuur is kennis en ervaring nodig die het resultaat is van een daadwerkelijke uitvoering.

Om hieraan tegemoet te komen heeft het Ingenieursbureau Wegenbouw van Gemeentewerken Rotterdam besloten om met de Flow-Mole-techniek een proefproject uit te voeren.

Het project ligt op de grens van het stedelijke gebied en het havengebied van Rotterdam en omvat de aanleg van een afvalwaterleiding, Ø 90 mm, die met een lengte van ca. 130 m een zeer drukke weg, een spooreplacement en een hoofdwaterkering kruist.

2.

Samenvatting

Het proefproject heeft aangetoond dat de Flow-Mole-methode voor projecten, waarbij het met name gaat om het passeren van waterkeringen, wegen enz. zeer aantrekkelijk is door zijn uitvoeringstechnische mogelijkheden.

Met deze methode kunnen kabels en kleine leidingen worden aangebracht met een minimum aan overlast en in vele gevallen tegen geringere kosten.

De Flow-Mole-methode bleek gevoelig te zijn voor hogere grondweerstand en/of verontreinigingen door puin, scherven enz. De boorkop kan daardoor het van tevoren vastgestelde tracé niet volgen. De beschikbare ondergrondse ruimte wordt daardoor mede bepaald door mogelijke afwijkingen tijdens het boren van het vastgestelde tracé. Mede daardoor lijkt de methode duidelijk minder geschikt voor het aanbrengen van een kabel of leiding evenwijdig aan de bestaande ondergrondse infrastructuur.

Vooraf in stedelijke gebieden zal een met grote zorgvuldigheid uitgezocht tracé en een nauwkeurig grondmechanisch onderzoek bijdragen aan het vooraf bepaalde eindresultaat.

Uit dit proefproject en uit andere onderzoeken is gebleken dat er door de grondverdringende boortechniek nauwelijks of geen draagkrachtvermindering, achterloopsheid enz. zullen ontstaan.

3.

Beschrijving van de toegepaste boormethode

Bij de toegepaste methode, de Flow-Mole-methode wordt eerst een bestuurbare, roterende boorkop (lang 600 mm, diameter 38 mm) gekoppeld aan een holle volgstag onder het gelijktijdig onder druk injecteren van een bentonietspoeling hydraulisch in de grond weggeduwd. De volgstag wordt telkens verlengd met koppelstangen van 3 m. Tijdens de voortgang wordt de positie van de boorkop onder het maaiveld nauwkeurig gemeten met een detector.

Aan het eind van het aan te leggen leidinggedeelte wordt de boorkop verwijderd en wordt een ruimer bevestigd. Hieraan wordt de aan te leggen leiding gekoppeld, die door de reeds gevormde en met bentoniet gevulde boorgang wordt teruggetrokken.

Met behulp van de continu roterende ruimer wordt met het gelijktijdig onder hoge druk injecteren van bentoniet het boorgat vergroot tot een diameter die ca. 10 mm groter is dan de leidingdiameter.

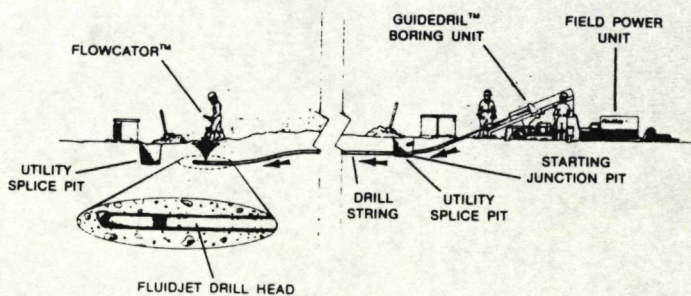
De druk waarmee het bentoniet wordt geïnjecteerd bedraagt bij het aanbrengen van de boorkop 80 à 100 bar en bij het aanbrengen van de leiding 200 à 250 bar.

Het Flow-Mole-systeem is grondverdringend zodat tijdens het boren geen bodemmateriaal wordt afgevoerd.

De functie van de bentonietspoeling is daarbij

- instandhouding van het boorgat;
- smering voor het doortrekken van de leiding.

STEP 1: GUIDED BORING PRODUCES MICROTUNNEL



STEP 2: SIZING TUNNEL AND UTILITY INSTALLATION

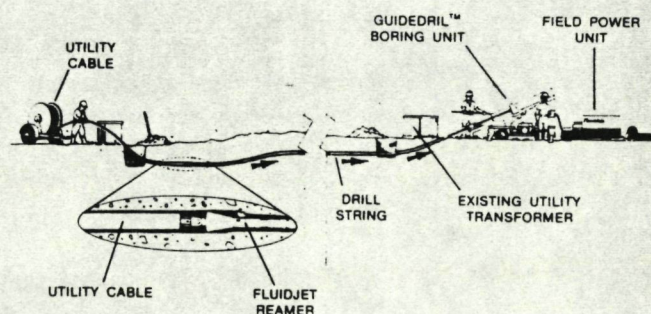


Fig. 1 + 2

Doordat het systeem grondverdringend is zullen harde lagen en/of dichte zandlagen het proces bemoeilijken. Grindlagen e.d. zullen een zelfde effect teweegbrengen. De methode lijkt vooral geschikt voor losse(re) zandlagen en klei en/of veengronden.

Het project

Het project omvatte de aanleg via het Flow-Mole-systeem van een H.D.P.E.-persleiding met een te boren lengte van ca. 130 m. De diameter bedraagt 90 mm.

De leiding transporteert afvalwater van binnenvaartschepen van de Verenigde Tankrederij die een ligplaats hebben aan "pier 2" in de Waalhaven naar het binnendijks gelegen, bemalen rioolstelsel. Via de Awzi Dokhaven wordt het gezuiverde afvalwater dan geloosd in de Nieuwe Maas.

Vanaf "pier 2" loopt het tracé evenwijdig aan de Nijmegenstraat en kruist dan achtereenvolgens de Waalhaven O.z., een weg met zeer intensief vrachtverkeer, een spooremlacement en de hoofdwaterkering.

Het aanleggen van deze leiding op de conventionele wijze zou gepaard gaan aan hoge financiële kosten en aan veel verkeersoverlast. Door de aanwezige ondergrondse infrastructuur zou een ca. 2,5 m diepe sleuf gegraven moeten worden. Ter plaatse van het spoorwegemplacement zou de leiding voorzien moeten worden van een mantelbuis. De direct ernaast liggende hoofdwaterkering zou zonder mantelbuis bovenlangs gepasseerd moeten worden. In deze situatie voldoen aan compromisoplossing zou veel tijd vergen en daarnaast, mede door de randvoorwaarden, zeer kostbaar zijn.

In overleg met alle betrokkenen is overeengekomen dat, uiteraard gezien de situatie ter plaatse, de aanleg via het Flow-Mole-systeem kon plaatsvinden overeenkomstig het in fig. 3 en 4 aangegeven tracé.

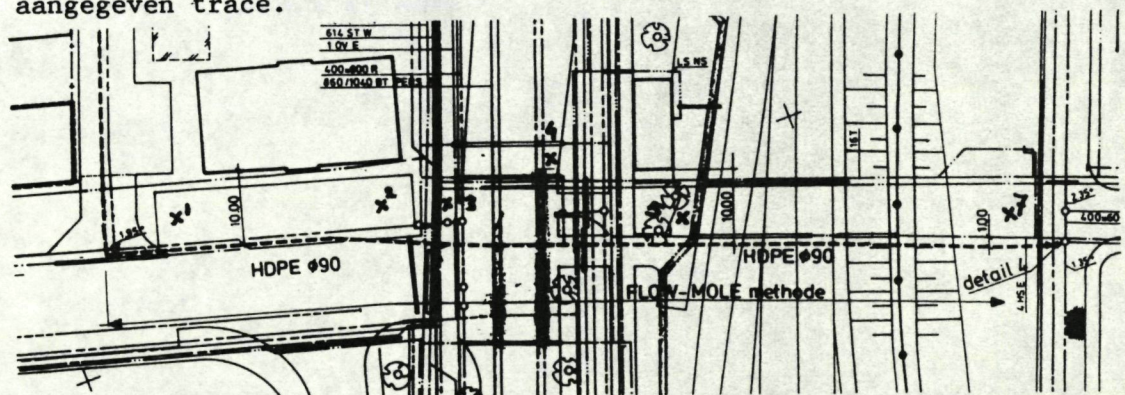


Fig. 3

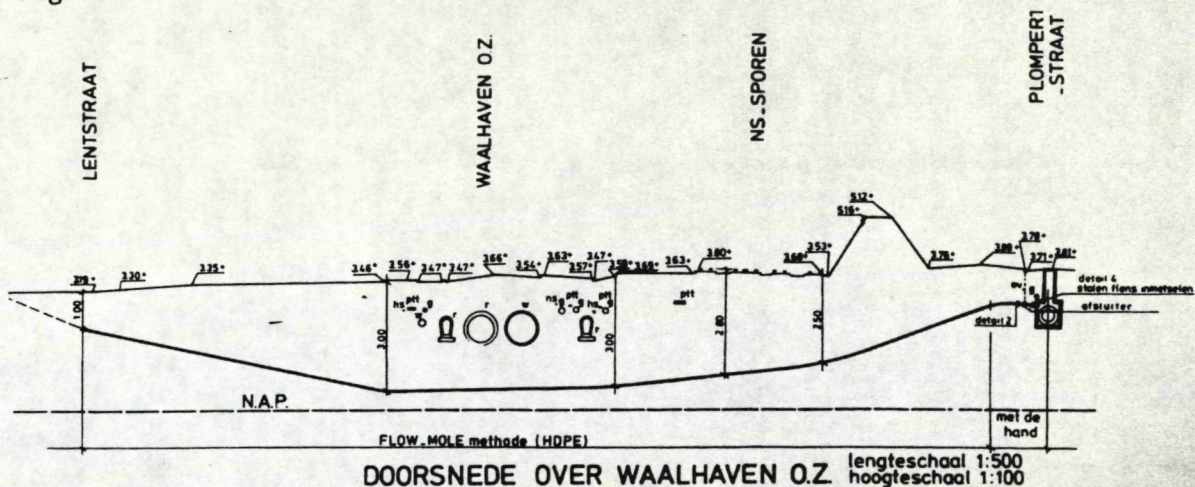


Fig. 4

De keuze van het tracé ten aanzien van de ligging in het horizontale vlak is mede bepaald door reserveringen voor de aanleg van transportleidingen van en naar "pier 2".

5. Projectgegevens en te onderzoeken aspecten

5.1 Projectgegevens

De Waalhaven is begin deze eeuw gegraven. In de 20-er en 30-er jaren zijn de (eerste) wegen en N.S.-sporen aangelegd. In grote lijnen is de situatie vanaf eind 30-er jaren niet veel gewijzigd.

Voor een dergelijke boring lijken veranderingen op microschaal van belang. Zijn er sloten gedempt, zijn er nog funderingsresten enz. Onderzoek van oude kaarten leverde geen nieuwe gegevens op.

Besloten werd een zestal sonderingen, juist naast het voorgestelde tracé, te maken. De sterretjes met de cijfers 1 t/m 7 op fig. 3, geven de plaatsen van de sonderingen aan. Hieruit werd de conclusie getrokken dat op ca. 1,5 à 2 m onder het huidige maaiveld de oude, ongestoorde klei/veenafzettingen liggen. De hogere waarde van sondering nr. 1, nabij het beginpunt van de boring, leek het uitvoerende bedrijf niet te verontrusten. Daarom werd afgezien van een aanvullend grondonderzoek.

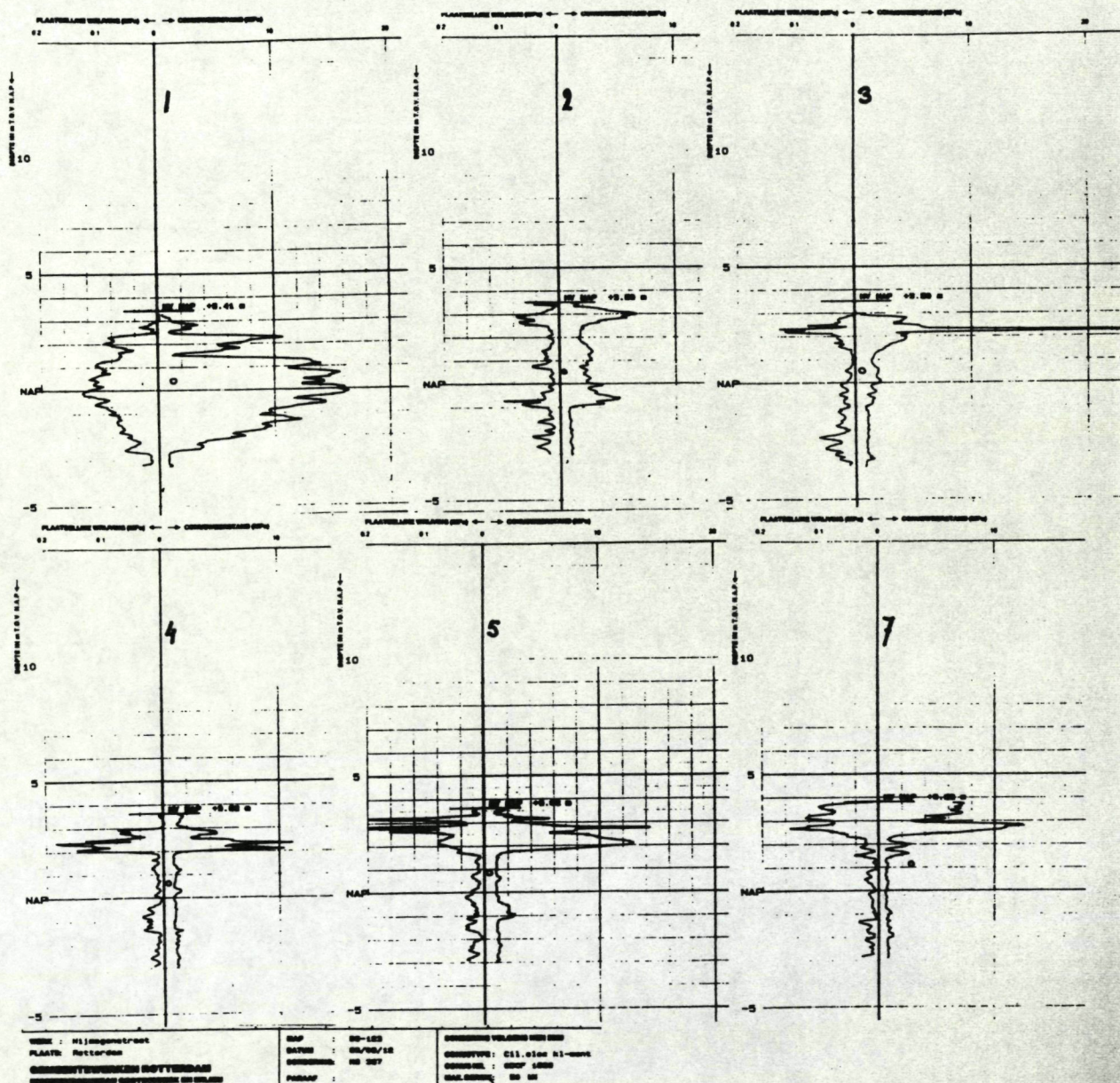


Fig. 5

5.2

Te onderzoeken aspecten

Het toepassen van de Flow-Mole-methode op grotere schaal binnen Rotterdam zal mede afhankelijk zijn van de wijze waarop aan de volgende aspecten wordt voldaan:

- kan de boor een van tevoren vastgesteld tracé nauwkeurig volgen;
- hoe gevoelig is de methode voor ondergrondse, niet bekende zaken zoals hoge(re) sondeerwaarden en/of steenslag enz.;
- hoe nauwkeurig is de boorkop te lokaliseren;
- is de ruimte tussen de aangebrachte leiding en het opgeruimde boorgat volledig gevuld met bentoniet.

Een tweetal andere belangrijke aspecten die bovendien van groot belang zijn:

- stabiliteitsverlies door verweking en
 - de wateroverspanning tijdens de uitvoering
- waren in opdracht van de fa. Meyser door Grondmechanica Delft reeds onderzocht.

De resultaten van deze onderzoeken zijn dat verweking en stabiliteitsverlies op microschaal inderdaad enigermate voorkomen doch dat die aspecten door de diepteligging van minimaal 1 m', bij deze proef 2,5 à 3 m, nauwelijks van invloed zijn op de omgeving.

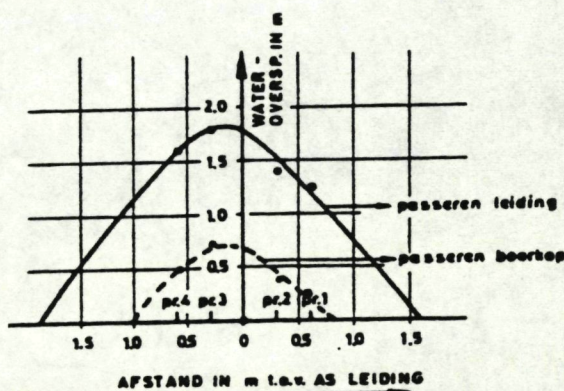


Fig. 6

Uit de metingen naar de wateroverspanningen bleek dat het meetrokken van de leiding (een $\varnothing$ 125 mm) de grootste invloed had. Wateroverspanningen kunnen tot ca. 2 m naast de boorkop optreden. De maximale wateroverspanning die gemeten werd bedroeg ca. 1,8 mwk. In klei kan deze waarde oplopen tot ca. 2,5 m.

6. De uitvoering

6.1 Het boren

De boorinstallatie werd geplaatst in de Nijmegenstraat op pier 2. Van daaruit werd oostwaarts geboord. Een tweede unit stond, als demonstratiemodel, even ten oosten van de waterkering nabij het eindpunt opgesteld.

Met het boren werd op maandag 3 oktober om $\pm$ 9.30 uur begonnen. De verwachting was dat tussen 11.00 en 12.00 uur het eindpunt, overeenkomstig het geplande tracé, bereikt zou worden. Ca. 20 m' vanaf het beginpunt liep de boor, op het vastgestelde tracé en de vastgestelde diepte (niet visueel gecontroleerd), vast. Een volgende boring op ca. 4 m' diepte en één daaropvolgende boring op een ander tracé liepen eveneens vast. Tijdens deze derde poging werd de boorkop beschadigd. Het kunststof schild ten behoeve van de zender bleek grotendeels verdwenen zodat de signalen verzwakten. Vervanging van de boorkop bleek noodzakelijk.

Om ca. 11.45 uur werd met de vierde, en naar achteraf bleek de laatste, poging begonnen. Het aangepaste tracé werd aangehouden, nu echter weer op de geplande diepte van ca. 3 m'. Tussen de 20 en 30 m vanaf het begin kwam de boor ook nu slechts moeizaam vooruit. Het sturen van de boor bleek hier meer een moeizaam benaderen van het uitgezette tracé. Bij het aanbrengen van de volgstanden (van 3 m) werd telkens de diepte en de ligging op het wegdek enz. aangetekend. De landmeetkundige inmeting geeft het tracé van de leiding aan. Vooral in het eerste deel van de boring traden grote afwijkingen op van een recht tracé, dat bovendien nog in zijn geheel afwijkt van het laatst uitgezette tracé.

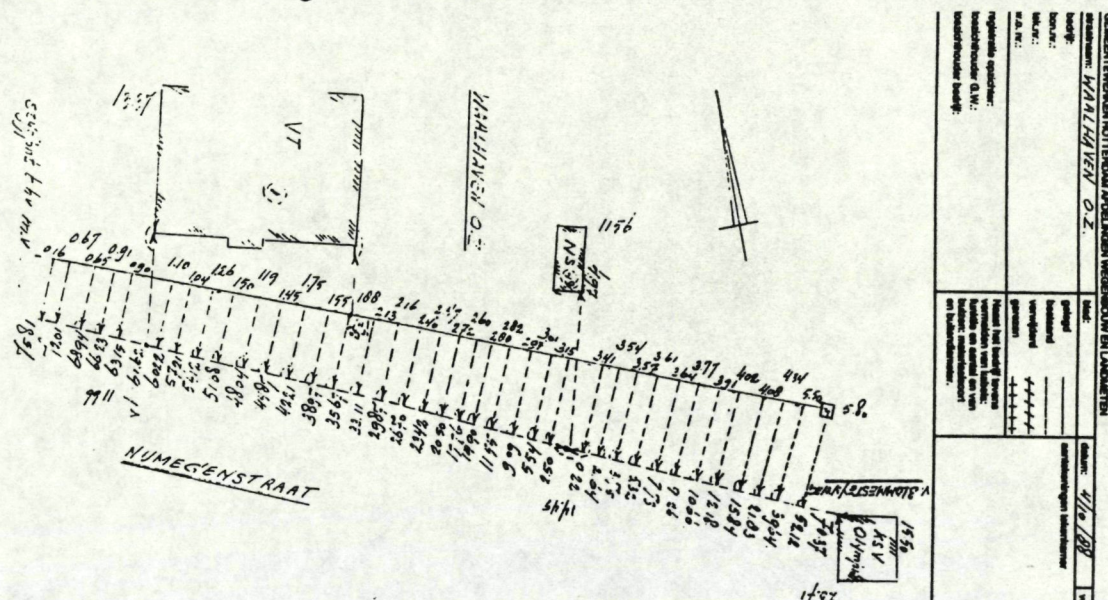


Fig. 7

Nadat het "probleem"-gebied gepasseerd was, was de boor goed te sturen over het geplande tracé. De boring verliep daarna voorspoedig tot het eindpunt.

Tijdens de voortgang bleek de bentonietdruk, gemeten op de boorunit, tussen de 80 en 95 à 100 ato te blijven.

Ter plaatse van het eindpunt kwam de boorkop vlak naast enige hoogspanningskabels boven. Daar dit niet de geplande en gewenste locatie was werd de boorkop over enige meters teruggetrokken.

Daarna kon de boorkop niet meer omhoogkomen.

Tijdens deze pogingen bleek dat er met de boorkop iets aan de hand moest zijn.

Het signaal bleef op dezelfde plaats ondanks het feit dat nog een tweetal volgstanen werden ingebracht.

De volgende dag werd de kop opgegraven. Daarbij bleek dat de boorkop gebroken was en dat de locatie en diepte overeenkwamen met de gemeten waarden, d.w.z. ca. 2,60 m diep.

Ook bleek dat ter plaatse de grondslag verontreinigd was met scherven, mogelijk veroorzaakt door/tijdens het slopen van bebouwing.

6.2

Het aanbrengen van de leiding

Het aanbrengen van de H.D.P.E.-buis gebeurde de volgende dag binnen ca. 2 uur. Op de plaats waar het boren met problemen verliep, bleek ook het intrekken van de buis moeizaam te gaan. De ervaring tijdens het boren, restanten "schelpdeeltjes" die aan de ruimer werden gevonden en de afwijkende sondeerwaarde leidden tot de gedachte dat er plaatselijk is aangevuld.

De bentonietdruk tijdens het aanbrengen van de leiding lag, gemeten op manometer van de boorunit, tussen de 200 en 250 ato. Uit door T.N.O. verrichte onderzoeken is gebleken dat de bentonietdruk van de jets van de boorkop en de ruimer tijdens de uitvoering een factor 5 à 7 lager liggen dan deze gemeten druk. Gedurende het gehele proces van het intrekken stroomde de bentoniet door het geruimde gat langs de leiding in het gegraven eindgat. De gehele buis werd daardoor volledig omhuld met bentoniet.

Tijdens de gehele uitvoering is een grotere hoeveelheid bentoniet gebruikt dan theoretisch berekend kan worden uit de gemaakte boorgaten. Er is echter veel bentoniet gebruikt tijdens de eerste pogingen en terechtgekomen in het begingat. Door en gedurende het intrekken van de leiding is bovendien veel bentoniet gespoeld in het eindgat waarin de H.D.P.E.-leiding is aangekoppeld en ingetrokken.

6.3

Demonstratieboring

Simultaan aan het proefproject werd nabij het eindpunt van de boring, juist ten oosten van de hoofdwaterkering, met een tweede boorunit een proefboring uitgevoerd.

Begonnen werd met rechtuit te boren, daarna werd afgeweken van deze lijn waarna weer terug werd gegaan naar de oorspronkelijke lijn.

Binnen een lengte van ca. 12 m' werd op deze wijze een zijdelingse afwijking aangebracht van ca. 0,9 m.

Door het graven van een sleuf bleek dat de boor het aangegeven tracé had gevolgd en dat de boor nauwkeurig op de vooraf geregi-streerde plaats lag. Tevens bleek dat de grond scherven bevatte. Hieruit werd de weerstand tijdens het boren verklaard. Ook het terugtrekken daarna met een aangebrachte ruimer ging zwaar en langzaam.

Opgemeten werd de door de boorkop en de bentonietinjectie ge-maakte verwijding rondom de boorstang (diameter 30 mm). Deze bleek ca. 1 cm te zijn. Dat wil zeggen dat het aangebrachte boorgat ca. 50 mm groot was.

7.

Nabeschouwing

Bij het proefproject is geconstateerd dat grond met hogere sondeerwaarden een ernstige belemmering vormt voor een goede uitvoering. Vooral in dichte stedelijke gebieden waar ook de ondergrond intensief wordt gebruikt, bevinden zich vele hindernissen, o.a. gevormd door kabels en buizen inclusief de huisaansluitingen, groenvoorzieningen, aanvullingen, puinresten enz.

Het nauwkeurig kunnen sturen van de boorkop volgens een van tevoren vastgesteld tracé staat dan niet vast, terwijl vooral binnen stedelijke gebieden een grote nauwkeurigheid van de uitvoering nodig is.

Het onderzoek toonde aan dat een uitgebreid geotechnisch onderzoek, zodra dit uit een sondering of ervaring enz. gewenst lijkt, nodig is. Het resultaat van de boring kan, in verband met de afwijkingen over het tracé, er n.l. vanaf hangen. In dat geval kunnen beschadigingen aan de bestaande infrastructuur hiervan het gevolg zijn.

Gebleken is dat de plaats van de boorkop precies gelokaliseerd kan worden. De ligging van de leiding is daardoor bekend en kan na inmeting vastgelegd worden. Ten behoeve van later uit te voeren werkzaamheden is dat belangrijk.

Door het boorproces, het Flow-Mole-systeem is grondverdringend, kan met name ten tijde van het intrekken van de leiding enige verweking optreden. De invloed op de omgeving is verwaarloosbaar. Door het systeem wordt het boorgat door een op de in te trekken leiding af te stemmen ruimer, niet verder opgeruimd dan ten behoeve van deze leiding nodig.

Het gat wordt door de bentoniet nauwelijks verder opgeruimd, terwijl de ruimte tussen boorgat en leiding volledig wordt opgevuld met bentoniet. Holle ruimten, nazetting, achterloopsheid noch vermindering van de draagkracht zullen naar verwachting worden geïntroduceerd.

Bij het proefproject zijn de Waalhaven O.z., het spooreplacement en de hoofdwaterkering gekruist zonder dat overlast voor het verkeer of een verzwakking in de ondergrondse situatie merkbaar waren. Ondanks problemen bij het eerste deel van de boring en problemen bij het bovenkomen van de boorkop aan het einde kan worden vastgesteld dat de No-Dig-methode succesvol is verlopen. Naar verwachting zijn hieraan de beschikbare ruimte in de ondergrond en de grondgesteldheid mede debet.

De Flow-Mole-methode voor het aanbrengen van kabels en kleine buizen - vooralsnog tot een maximale diameter van $\emptyset$ 160 mm - biedt vooral goede mogelijkheden om kruisingen met watergangen, dijken, wegen enz. te realiseren met een minimum aan overlast en tegen relatief lage kosten.

Een gedegen voorbereiding i.v.m. eventuele obstakels, grondmechanisch onderzoek, tracering enz. moet dan vooraf gaan aan de uitvoering.

