



STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE  
CENTRE D'ÉTUDE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

10-243-1993

SCK·CEN



0096253

A&D93/68/C7590/MB/bg/P-69

## DRIE DIMENSIONELE METINGEN VAN HORIZON- TALE BORINGEN

M. Buyens<sup>(1)</sup> en J.J. Derwael<sup>(2)</sup>

**BLG-641**

Mol, December 1993

SCK/CEN<sup>(1)</sup>, Studiegroep Omgeving<sup>(2)</sup>

**DRIE DIMENTIONELE  
METINGEN VAN HORIZON-  
TALE BORINGEN**

**M. Buyens<sup>(1)</sup> en J.J. Derwael<sup>(2)</sup>**

**BLG-641**

**Mol, December 1993**

**SCK/CEN<sup>(1)</sup>, Studiegroep Omgeving<sup>(2)</sup>**

## Samenvatting.

Vanuit de ondergrondse galerij worden ten behoeve van onderzoeken van de klei, talrijke horizontale boringen.

Zowel het verloop als de juiste 3-D ligging van de boring (diepte  $\pm 20$  m en  $\varnothing$  60 tot 150 mm) zijn van essentieel belang.

Resultaten van metingen uitgevoerd met bestaande meetinstrumenten, steunend op magnetische-, gyroscopische- en optische principes blijken niet aan de nauwkeurigheidseisen te voldoen of worden beïnvloed door de omgeving (stalen bekleding, toegangsmogelijkheden, ...).

Met de in deze nota beschreven "Topometrische meetmethode" is het mogelijk om de 3D-plaatsbepaling uit te voeren met een nauwkeurigheid van ongeveer 1 cm.

## Résumé.

Nombreuses expériences, dans l'argile à grande profondeur, nécessitent des forages horizontaux effectués depuis la galerie souterraine.

Non seulement la direction, mais également la localisation en 3D d'un forage (longueur  $\pm 20$  m et  $\varnothing$  60 à 150 mm) doivent être déterminées avec précision.

Les résultats de mesures effectuées avec des instruments existants, basés sur des principes gyroscopiques, magnétiques et optiques, ne répondent pas aux normes de précision désirées ou sont influencés par l'environnement (acier, accès, ...).

La méthode dite "Topométrie" qui fait l'objet de cette note, permet de faire des mesures absolues en x, y et z, et ce avec une précision de l'ordre du centimètre.

## Summary.

From the underground gallery, many horizontal bore-holes have to be drilled for performing investigations in clay.

Both the direction and the exact 3-D location of the bore-hole (depth  $\pm 20$  m and  $\varnothing$  60 to 150 mm), are of prime importance.

Results of measurements obtained using available devices based on magnetic, gyroscopic and optical principles, do not fulfill the requirements or are influenced by the environment (iron, access, ...).

This report describes the possibility of carrying out a 3-D orientation of bore-holes by a "Topographical surveying method" with an accuracy of about 1 cm.

# DRIE DIMENSIONELE METINGEN VAN HORIZONTALE BORINGEN

## "Topometrische meetmethode"

### 1.- Inleiding.

Ten behoeve van proefnemingen worden vanuit de ondergrondse galerij talrijke horizontale boringen uitgevoerd.

De juiste ligging (zowel altimetrisch als planimetrisch) van het boorgat is een belangrijk gegeven bij de verwerking en interpretatie van de verschillende metingen.

Buiten de "Topometrische meetmethode" kunnen verschillende meetmethoden en instrumenten voor de 3D-plaatsbepaling van een boring gebruikt worden. Zij steunen o.a. op magnetische-, gyroscopische- en optische principes. De nauwkeurigheid van de hiermede bekomen resultaten beantwoorden echter niet aan de gestelde eisen van de opdrachtgevende ingenieurs.

In deze nota wordt een beschrijving gegeven van de "Topometrische methode" waarbij een 3D-meting van het boorgat met behulp van "landmeetinstrumenten" uitgevoerd wordt.

Eenzelfde proefboring (doormeter van 150 mm) werd op deze wijze driemaal gemeten (15.01.92, 18.05.92 en 27.08.92) de resultaten worden onderling vergeleken en besproken.

In november '92 werd deze methodologie door "Tractebel Development" onderzocht, zowel de meetmethode, de gebruikte instrumenten als de verwerking van de meetgegevens werden nagegaan. Uit dit onderzoek bleek dat de betrouwbaarheid van de resultaten altimetrisch 1.5 mm (standaardafwijking 0.5 mm) en planimetrisch 17 mm (standaardafwijking 5 mm) bedroeg en dit voor het uiterste punt van het boorgat ( op 20 m ).

## 2.- Beschrijving van de opdracht.

Na de uitvoering van de boring wenst de opdrachtgever, zo snel mogelijk, over de resultaten van een 3D-meting te kunnen beschikken.

Het meetsysteem is aan volgende voorwaarden gebonden :

- Bruikbaar zijn voor *boor-diameters* van 60 tot 300 mm.
- Zowel de *bebuisde- als de niet bebuisde* boringen (kleiwanden) moeten kunnen gemeten worden.
- De metingen moeten *onmiddellijk* na het beëindigen van het boren en *snel* uitgevoerd worden.
- De *doormeter van de galerij* (3.50 m) is bepalend voor het gebruik van meetapparatuur.
- Het is niet voldoende enkel het verloop van de boring te kennen. De *ligging* moet bepaald worden in het plaatselijk assenstelsel (x-y) en ten opzichte van het "referentiemerken van hoogtemeting" (z).
- De waarnemingen moeten *onmiddellijk verwerkt* worden.

## 3.- Meetmethode.

### 3.1.- Principe.

Rechtover het boorgat wordt een theodoliet opgesteld "meetstation S". De juiste ligging (in x,y en z) van dit meetstation wordt gemeten.

In het te meten boorgat wordt een "mikschiif M" gebracht.

Vanuit het meetstation worden volgende elementen gemeten:

- afstand tot de mikschiif (dM)
- horizontale hoek naar midden van de mikschiif ( $\alpha$ )
- verticale hoek naar midden van de mikschiif ( $\beta$ )

De ligging van de "mikschiif M" wordt als volgt berekend:

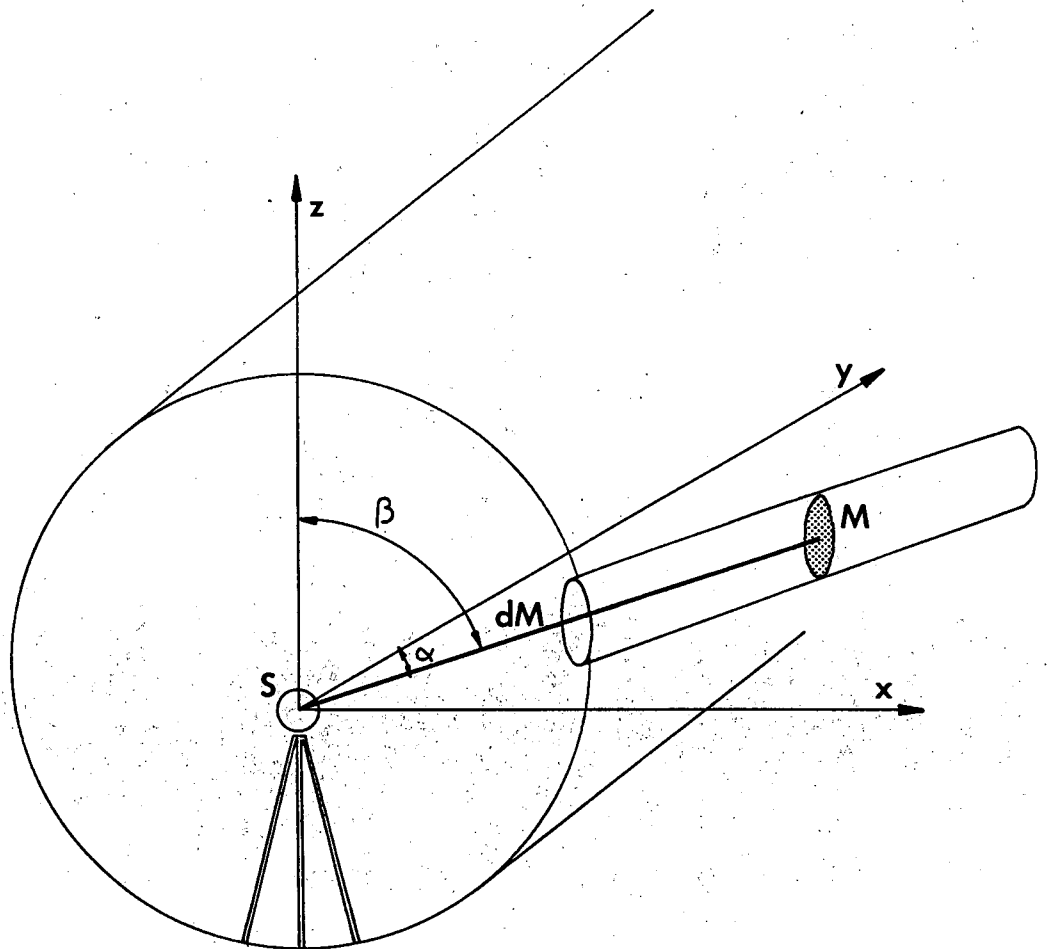
- de x- en y-coördinaten volgens de voerstraalmethode

$$x_M = x_S + d_M \cdot \sin \beta \cdot \sin \alpha$$

$$y_M = y_S + d_M \cdot \sin \beta \cdot \cos \alpha$$

- de hoogte volgens trigonometrische hoogtemeting

$$z_M = z_S + d_M \cdot \cos \beta$$



## 3.2.- Nauwkeurigheid van de metingen.

### 3.2.1. Criterium

Om de nauwkeurigheid van de meetmethode te bepalen moeten de verschillende stappen van het meetproces onderzocht worden. Aangezien de zwakste elementen bepalend zijn voor de nauwkeurigheid van het eindresultaat zullen, zo nodig, verbeteringen aan de instrumenten en aan de meetwijzen gebracht worden.

### 3.2.2. Bespreking van de verschillende fasen van het meetproces.

--> coördinaten van het meetstation S : worden ofwel door achterwaartse insnijding vanuit het meetstation zelf ofwel polair vanuit een of meer gekende punten bepaald.

In beide gevallen is de nauwkeurigheid afhankelijk van de nauwkeurigheid van de "gekende punten" met name de referentiemerkttekens (x en y) in de galerij aanwezig.

--> de hoogte van het meetstation S : wordt bepaald ten opzichte van een "referentiemerktteken hoogtemeting" door aflezing op een stalen mm- baak vanuit het meetstation zelf, bij horizontale kijkerstand.

--> coördinaten van de mikschiif M : bij het inmeten hiervan worden hoeken ( horizontale en verticale) en afstanden gemeten, de vertrekrichting wordt ten opzichte van een referentiemerktteken genomen.



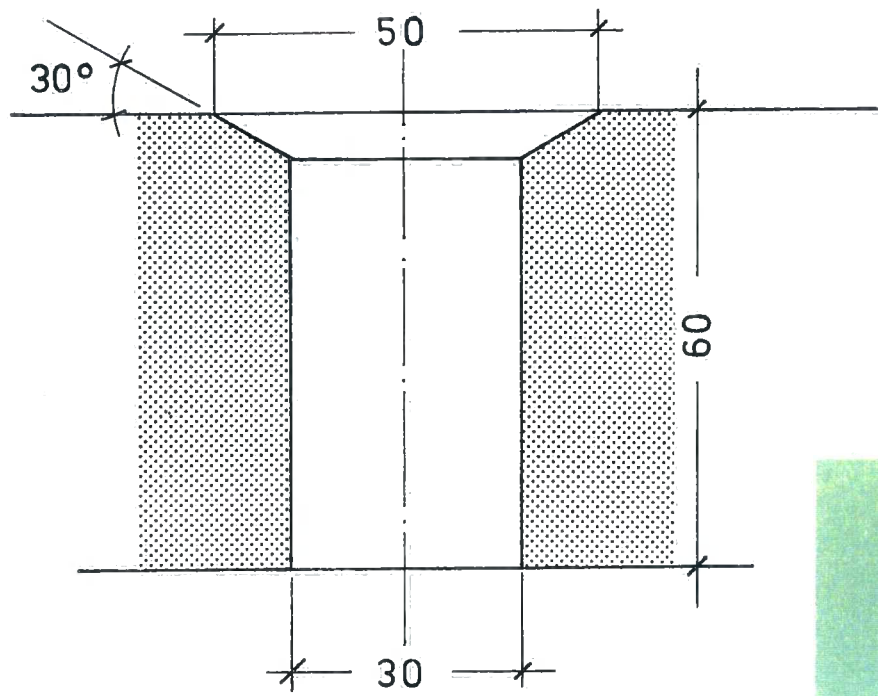


fig. 2

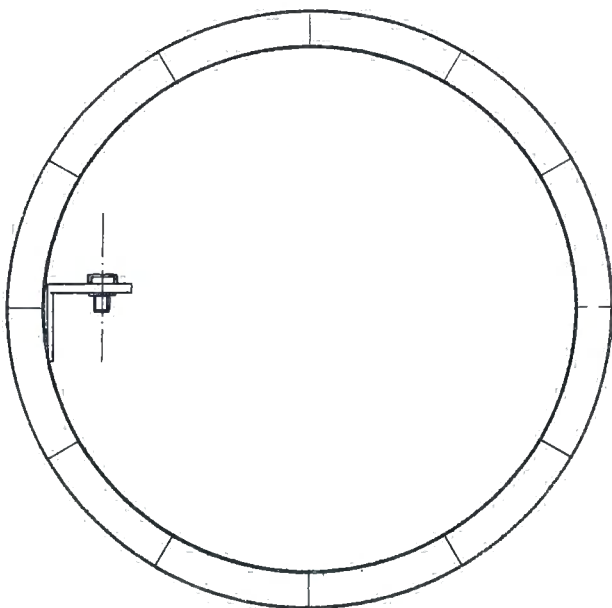


fig. 3

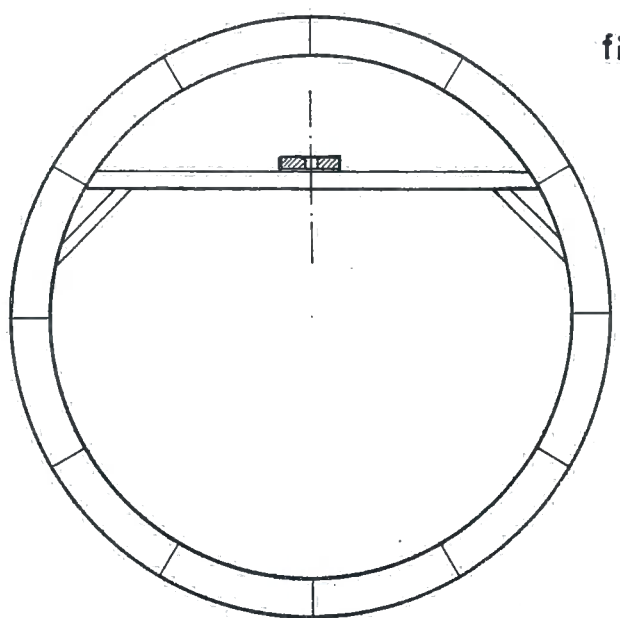
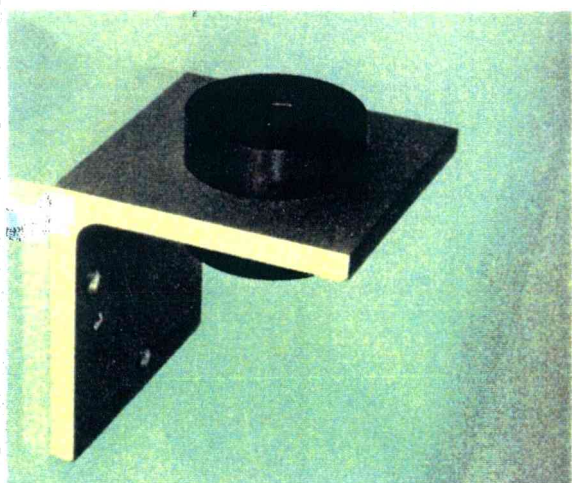


fig. 4



### 3.2.3. Instrumenten.

De instrumenten werden zo gekozen dat bij de waarnemingen volgende standaardafwijkingen kunnen aangenomen worden:

- hoekmetingen (horizontale en verticale) 0.0003 gon
- afstandmetingen : 2 mm
- hoogtemetingen : 1 mm

Het toepassen van "gedwongen centrering" maakt het uitschakelen van centreerfouten mogelijk.

### 3.2.4. Verwerking van de gegevens.

Aangezien er overtallige waarnemingen gebeuren kan een vereffening volgens de methode der kleinste kwadraten toegepast worden.

## 4.- Uitvoering van de metingen.

### 4.1.- Merktekens.

- Planimetrisch : alle referentiemerkttekens bestaan uit inpassingen van  $\varnothing$  30 mm (fig.2) zij zijn ofwel op galgen (fig.3) ofwel op dwarsbalken (fig.4) gemonteerd. Fig.5 toont de ligging van de verschillende bruikbare merktekens. Bij de inmeting van de referentiemerkttekens werden zoveel als mogelijk hoeken en afstanden gemeten. De hoeken werden met een theodoliet Wild T2 (standaardafwijking: 0.00025 gon), de afstanden met een elektronische afstandmeter Wild Di2002 (standaardafwijking: 1 mm + 1ppm) en waar mogelijk, met een Distinvar (standaardafwijking : 0.03 mm) gemeten. Na vereffening werden volgende waarden voor de coördinaten aangenomen.

#### COORDINATENLIJST

nr	X	Y
1001	110,207	165,756
1002	113,279	138,332
1003	117,525	100,183
1004	115,670	116,562
1005	119,830	79,629
2001	113,328	143,102
2002	111,490	142,599
2006	114,035	126,120
2007	114,205	129,763

- Altimetrisch : alle hoogtemetingen vertrekken van een zelfde referentiemerktken (bolvormig meetpunt in roestvrij staal) dat in de schacht gelegen is. De hoogte bedraagt:
  - 221.5900 m. Het overbrengen van hoogten gebeurt met een Wild N3 waterpasinstrument (standaardafwijking : 0.2 mm op 1 km heen en weer) met lezing op invarbaak.

#### 4.2.- Meting van het boorgat.

##### 4.2.1. Inmeting "meetstation S" :

met theodoliet Wild T2 en afstandmeter Wild Di2002. Bijzondere zorg wordt besteed aan de oriëntatie van het prisma.

##### 4.2.2. Metingen op de "mikschiif M" :

met theodoliet Wild T2 voor de hoeken; de afstanden tussen het meetstation en de mikschiif worden met een stalen meetband, voorzien van millimeters, gemeten.

##### 4.2.3. Mikschiif (fig.6) :

de mikschiif bestaat uit een stalen ring met 3 regelschroeven (centrering in het boorgat). Midden in de ring is een verlichtte plexiplaat, met in het centrum een meetpunt, bevestigd.

De mikschiif wordt bij middel van, aan elkaar geschroefde buizen in het boorgat verder geduwd. Op regelmatige afstanden worden lezingen op de mikschiif uitgevoerd. De metingen kunnen al dan niet herhaald worden bij het terugtrekken van de mikschiif uit het boorgat.

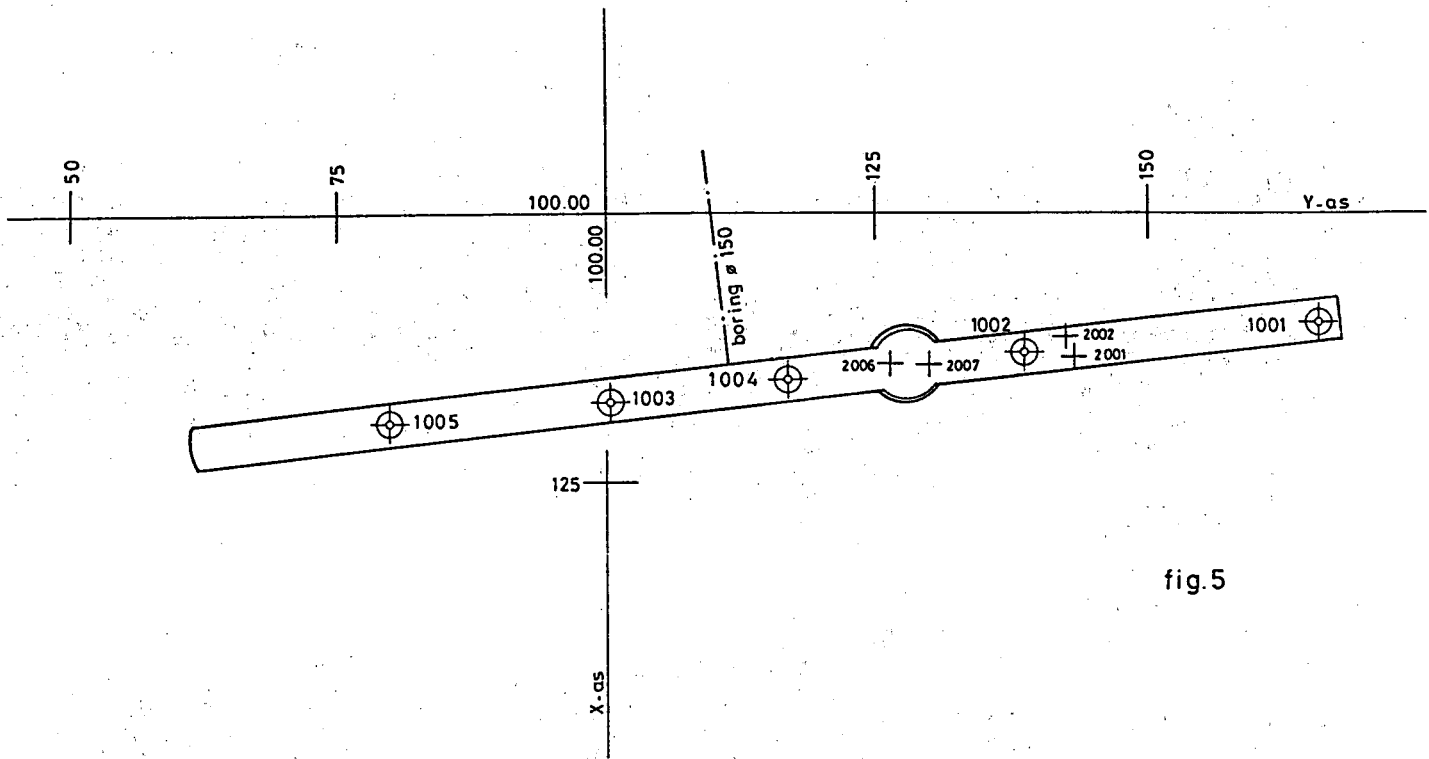


fig.5

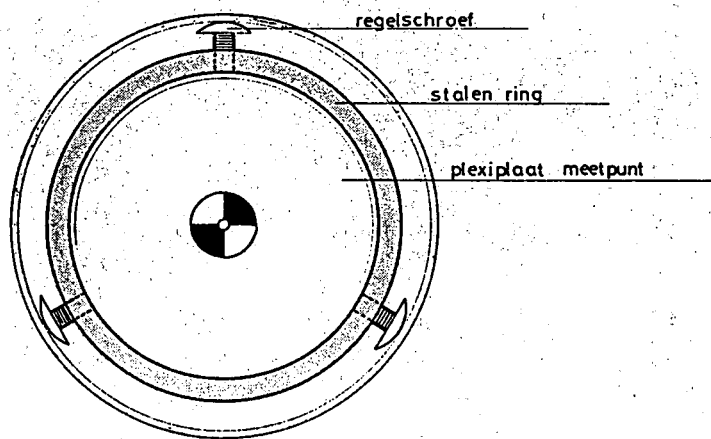


fig.6

## 5.- Resultaten.

### 5.1.- Coördinaten van de mikschijf.

De x-,y- en z-coördinaten van de mikschijf, om de 1 meter in het boorgat gemeten, bepalen het verloop van de boring.

De resultaten van de drie controlemetingen worden in de tabellen 1,2 en 3 weergegeven.

### 5.2.- In de tabellen 4,5,6 en 7 worden de y- en z-waarden van de drie metingen samengebracht. Strikt genomen zouden, voor een zelfde punt, de 3 metingen zelfde resultaten moeten opleveren. Het gemiddelde van de uiterste waarden (3 metingen) geeft voor de 20 gemeten punten :

11.9 mm op de y-waarde

3.8 mm op de z-waarde

De grootste afwijkingen situeren zich rond het punt 15.

Steunend op de gemiddelde waarde van de 3 metingen per punt bekomen we volgende gemiddelde afwijkingen :

y-waarde + 7 mm (met + 15 mm en - 16 mm als uitersten)

z-waarde + 2 mm (met + 4 mm en - 7 mm als uitersten)

### 5.3.- Bronnen van fouten.

In de vorige paragraaf hebben we aangenomen dat de 3 metingen gelijke resultaten opleveren, hierdoor worden de afwijkingen als "toevallige meetfouten" beschouwd, het is echter overduidelijk dat niet alle verschillen te wijten zijn aan toevallige fouten. Uit het onderzoek van de mogelijke andere oorzaken kunnen zullen we bepalen welke verbeteringen aan de meetmethoden kunnen gebracht worden.

## 6.- Evaluatie van de meetmethode.

- De verschillen tussen de 3 metingen zouden het gevolg kunnen zijn van vervormingen van de boring zelf.  
De drie metingen zijn over een periode van zeven maanden gespreid, het is dus niet denkbeeldig dat er deformaties ontstonden.
- Voor elke meting werd het meetstation opnieuw ingemeten; kleine afwijkingen in de ligging van de referentiemerkttekens hebben een verschuiving van het assenstelsel (waarin de boring gemeten wordt) tot gevolg.  
Deze fouten zijn echter miniem en kunnen door een regelmatig nazicht van het geometrisch netwerk vermeden worden.
- De belangrijkste bron van fouten blijkt de mikschijf te zijn, indien deze te nauw in het boorgat past bestaat er gevaar voor klemmen, er is dus een zekere speling tussen boorwand en mikschijf. Op sommige plaatsen werd zelf een kanteling waargenomen deze kanteling zou ook de verklaring zijn voor de grotere verschillen in de y-waarden dan in de z-waarden.

## 7.- Besluit.

Men mag aannemen dat deze meetmethode aan de gestelde eisen voldoet, vergeleken met anderen is zij de enige waarmede de "absolute ligging" van het boorgat nauwkeurig bepaald wordt. Een mikschijf voorzien van een centreersysteem met afstandbediening zou de nauwkeurigheid van de resultaten sterk verhogen. Tenslotte moet opgemerkt worden dat deze methode niet kan gebruikt worden bij "kromme boringen".

## REFERENTIES:

Tractebel-Development    Contrôle d'une methodologie proposée  
par Studiegroep Omgeving pour le CEN/SCK - MOL    1992  
SCK/CEN    -Evacuation Géologique    Verslag afwijkingmeting  
Reflex Maxibor    1992

**BORING 150****CONTROLEMETING 1**  
**15.01.1992**

<b>KOORDINATENLIJST</b>			
<b>nr.</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>hoogte</b>
1	114,663	111,336	-222,804
2	113,270	111,195	-222,801
3	112,276	111,092	-222,798
4	111,282	110,984	-222,795
5	110,287	110,877	-222,789
6	109,293	110,768	-222,786
7	108,299	110,660	-222,780
8	107,305	110,552	-222,772
9	106,311	110,444	-222,764
10	105,317	110,337	-222,752
11	104,323	110,230	-222,739
12	103,329	110,123	-222,724
13	102,334	110,019	-222,708
14	101,338	109,932	-222,699
15	100,343	109,836	-222,672
16	99,348	109,738	-222,639
17	98,354	109,623	-222,606
18	97,359	109,530	-222,577
19	96,363	109,436	-222,547
20	95,368	109,343	-222,512

tabel 1

**BORING 150****CONTROLEMETING 2**

16.05.1992

<b>KOORDINATENLIJST</b>			
nr.	X	Y	hoogte
1	114,658	111,330	-222,806
2	113,267	111,189	-222,801
3	112,275	111,085	-222,798
4	111,277	110,978	-222,794
5	110,292	110,870	-222,788
6	109,286	110,760	-222,782
7	108,297	110,651	-222,778
8	107,300	110,540	-222,770
9	106,309	110,435	-222,762
10	105,317	110,328	-222,750
11	104,315	110,227	-222,737
12	103,322	110,117	-222,722
13	102,327	110,017	-222,706
14	101,332	109,914	-222,688
15	100,338	109,806	-222,666
16	99,344	109,707	-222,638
17	98,348	109,609	-222,607
18	97,355	109,514	-222,577
19	96,357	109,421	-222,544
20	95,369	109,328	-222,519

tabel 2



**BORING 150**

**CONTROLEMETING 3**

**27.08.1992**

<b>KOORDINATENLIJST</b>			
<b>nr.</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>hoogte</b>
1	114,660	111,331	-222,804
2	113,266	111,187	-222,799
3	112,271	111,085	-222,796
4	111,277	110,979	-222,794
5	110,282	110,873	-222,787
6	109,288	110,767	-222,784
7	108,294	110,660	-222,778
8	107,299	110,553	-222,772
9	106,305	110,444	-222,763
10	105,311	110,337	-222,751
11	104,317	110,230	-222,738
12	103,323	110,123	-222,721
13	102,328	110,018	-222,704
14	101,333	109,920	-222,688
15	100,338	109,823	-222,664
16	99,344	109,724	-222,635
17	98,349	109,627	-222,603
18	97,954	109,530	-222,572
19	96,360	109,420	-222,543
20	95,365	109,327	-222,508

tabel 3

BORING 150

CONTROLEMETING 1: 15.01.1992

CONTROLEMETING 2: 16.05.1992

CONTROLEMETING 3: 27.08.1992

KOORDINATEN Y			
nr.		gemiddelde	afwijking
1	111,336	111,332	4
	111,330		-2
	111,331		-1
2	111,195	111,190	5
	111,189		-1
	111,187		-3
3	111,092	111,087	5
	111,085		-2
	111,085		-2
4	110,984	110,980	4
	110,978		-2
	110,979		-1
5	110,877	110,873	4
	110,870		-3
	110,873		0
6	110,768	110,765	3
	110,760		-5
	110,767		2
7	110,660	110,657	3
	110,651		-6
	110,660		3
8	110,552	110,548	4
	110,540		-8
	110,553		5
9	110,444	110,441	3
	110,435		-6
	110,444		3
10	110,337	110,334	3
	110,328		-6
	110,337		3
11	110,230	110,229	1
	110,227		-2
	110,230		1
12	110,123	110,121	2
	110,117		-4
	110,123		2
13	110,019	110,018	1
	110,017		-1
	110,018		0

tabel 4

nr.		gemiddelde	afwijking
14	109,932	109,922	10
	109,914		-8
	109,920		-2
15	109,836	109,822	14
	109,806		-16
	109,823		1
16	109,738	109,723	15
	109,707		-16
	109,724		1
17	109,623	109,620	3
	109,609		-11
	109,627		7
18	109,530	109,525	5
	109,514		-11
	109,530		5
19	109,436	109,426	10
	109,421		-5
	109,420		-6
20	109,343	109,333	10
	109,328		-5
	109,327		-6

tabel 5

**BORING 150****CONTROLEMETING 1: 15.01.1992****CONTROLEMETING 2: 16.05.1992****CONTROLEMETING 3: 27.08.1992**

<b>KOORDINATEN Z</b>			
nr.		gemiddelde	afwijking
1	-222,804	-222,805	1
	-222,806		-1
	-222,804		1
2	-222,801	-222,800	-1
	-222,801		-1
	-222,799		1
3	-222,798	-222,797	-1
	-222,798		-1
	-222,796		1
4	-222,795	-222,794	-1
	-222,794		0
	-222,794		0
5	-222,789	-222,788	-1
	-222,788		0
	-222,787		1
6	-222,786	-222,784	-2
	-222,782		2
	-222,784		0
7	-222,780	-222,779	-1
	-222,778		1
	-222,778		1
8	-222,772	-222,771	-1
	-222,770		1
	-222,772		-1
9	-222,764	-222,763	-1
	-222,762		1
	-222,763		0
10	-222,752	-222,751	-1
	-222,750		1
	-222,751		0
11	-222,739	-222,738	-1
	-222,737		1
	-222,738		0
12	-222,724	-222,722	-2
	-222,722		0
	-222,721		1
13	-222,708	-222,706	-2
	-222,706		0
	-222,704		2

tabel 6

nr.		gemiddelde	afwijking
14	-222,699	-222,692	-7
	-222,688		4
	-222,688		4
15	-222,672	-222,667	-5
	-222,666		1
	-222,664		3
16	-222,639	-222,637	-2
	-222,638		-1
	-222,635		2
17	-222,606	-222,605	-1
	-222,607		-2
	-222,603		2
18	-222,577	-222,575	-2
	-222,577		-2
	-222,572		3
19	-222,547	-222,545	-2
	-222,544		1
	-222,543		2
20	-222,512	-222,513	1
	-222,519		-6
	-222,508		5

tabel 7