

2e EXEMPLAAR

Rijkswaterstaat

Q 298 / H 326 deel II  
band A tekst, tabellen, specificaties, foto's  
mei 1988

conditiebewaking stormvloedkering  
Oosterschelde

meetsysteem op schuiven S13 en R21 en  
bovenbalk R20

verslag ontwerp en realisatie meetsysteem



AFGEHANDELD

waterloopkundig laboratorium | WL

Q0298-2A

BIBLIOTHEEK  
Waterloopkundig Laboratorium  
Postbus 177 - DELFT

2e EXEMPLAAR

# conditiebewaking stormvloedkering Oosterschelde

meetsysteem op schuiven S13 en R21 en  
bovenbalk R20

verslag ontwerp en realisatie meetsysteem

T.H.G. Jongeling

## INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u> .....	1
1.1 Conditiebewaking stormvloedkering Oosterschelde.....	1
1.2 Opdracht voor het realiseren van een meetsysteem.....	1
1.3 Uitvoering van het project.....	2
2. <u>Conditiebewakingsmetingen aan schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20</u> .....	4
2.1 Keuze van schuiven en bovenbalk.....	4
2.2 Meetcampagnes.....	4
2.3 Hoofdlijnen van het meetsysteem.....	5
3. <u>Ontwerp van het meetsysteem voor schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20</u> .....	8
3.1 Ontwerpeisen meetopnemers.....	8
3.2 Omvang van de datastroom.....	17
3.3 Keuze van de opnemers.....	20
3.3.1 Algemeen.....	20
3.3.2 Versnellingsopnemers.....	21
3.3.3 Drukopnemers.....	22
3.3.4 Drukopnemers in oplegblok 2 van bovenbalk R20.....	23
3.3.5 Elektromagnetische snelheidsmeter.....	23
3.3.6 Rekstroken.....	23
3.3.7 Verplaatsingsopnemers.....	24
3.3.8 Waterspiegelmeters schuif R21.....	24
3.3.9 Waterspiegelmeter bovenbalk R20.....	25
3.4 Behuizingen van de opnemers en bevestigingen.....	26
3.4.1 Algemeen.....	26
3.4.2 Behuizingen versnellingsopnemers.....	27
3.4.3 Behuizingen drukopnemers.....	29
3.4.4 Behuizing drukopnemers in oplegblok.....	30
3.4.5 Bevestiging elektromagnetische snelheidsmeter.....	31
3.4.6 Bevestiging rekstroken.....	31
3.4.7 Behuizing verplaatsingsopnemers.....	32
3.4.8 Bevestiging kabelelektrodes waterspiegelmeters schuif R21.....	33

## INHOUD (vervolg)

3.4.9	Behuizing staafelektrode waterspiegelmeter bovenbalk R20.....	33
3.4.10	Voorzieningen ten behoeve van akoestische metingen.....	34
3.5	Bekabeling.....	35
3.5.1	Algemeen.....	35
3.5.2	Kabelloop schuif S13.....	36
3.5.3	Kabelloop schuif R21.....	36
3.5.4	Kabelloop bovenbalk R20.....	37
3.5.5	Verbinding KBC S08 en KBC R21 met het Topshuis.....	37
3.6	Meetsignaal versterking.....	37
3.7	Meetversterkerkast (MVK) in verkeerskoker S12.....	38
3.8	Konditiebewakingscontainer (KBC) in verkeerskoker S08.....	39
3.9	Konditiebewakingscontainer (KBC) in verkeerskoker R21.....	40
3.10	Centrale apparatuur in het Topshuis.....	40
3.11	Nummering meetkanalen, gewenste meetbereiken, bemonsteringsfrequenties.....	40
3.12	Defecten opgetreden in de meetopnemers.....	40
4.	<u>Calibratiegegevens van de diverse opnemers.....</u>	44
4.1	Versnellingsopnemers.....	44
4.2	Drukopnemers.....	44
4.3	Oplegblok bovenbalk R20.....	44
4.4	Elektromagnetische snelheidsmeter schuif S13.....	45
4.5	Rekstroken schuif S13.....	45
4.6	Zijaanslagen schuif R21.....	46
4.7	Verplaatsingsopnemers schuif R21.....	47
4.8	Waterspiegelmeters schuif R21.....	47
4.9	Waterspiegelmeter bovenbalk R20.....	47
5.	<u>Afregelvoorschriften.....</u>	48
5.1	De meetversterkers van het DAS.....	48
5.2	Niveaumeters FMC 380.....	48
5.3	Overige apparatuur.....	48
6.	<u>Gebruik van de LPU (Local Processing Unit).....</u>	49

INHOUD (vervolg)

7.        Onderhoud van het meetsysteem..... 50

REFERENTIES

TABELLEN

INSTRUMENT SPECIFICATIES/AFWERKINGSADVIEZEN

FOTO'S

FIGUREN (in aparte band)

TABELLEN

- 3.11-1 Meetsignalen schuif S13 (28 kanalen)
- 3.11-2 Meetsignalen schuif R21 (50 kanalen)
- 3.11-3 Meetsignalen bovenbalk R20 (17 kanalen)
- 4.1-1 IJkfaktoren 32 versnellingsopnemers
- 4.2-1 IJkfaktoren 35 drukopnemers
- 4.5-1 Buiswanddoorsnedes staven schuif S13

INSTRUMENT SPECIFICATIES/AFWERKINGSADVIEZEN

- 3.3-1 Transamerica Instruments. Type 4-202 Strain Gage Accelerometer
- 3.3-2 Transamerica Instruments. General Purpose Pressure Transducers. Types BHL 4400, BHL 4401
- 3.3-3 Kistler. Piezoresistive Absolutdruckaufnehmer Type 4043/45
- 3.3-4 Norddeutsche Seekabelwerke Aktiengesellschaft. Current sensor
- 3.3-5 TNO-IWECO. Geprefabriceerde rekstrook
- 3.3-6 Schaevits. LVDT (verplaatsingsopnemer), HCD series
- 3.3-7 Endress + Hauser. Seilsonde (capacitieve niveaumeter). Type 21310.  
Electronic inserts EC 11Z, EC72Z. Silometer FMC 380
- 3.3-8 Endress + Hauser. Rodprobe 11302/TSP 011037
- 3.4-1 Sigma Coatings. Verftechnisch advies nr. 12257/84
- 3.5-1 Static Care. Lijnbeveiligingsmodellen type 70031/LBSC-18V-MB
- 3.6-1 Transamerica Instruments. Dual channel DC bridge amplifier C/SC1621
- 5.1-1 Afregelvoorschrift versterker type SC1621

## FOTO'S

- 1 Schuif S13 met opnemers
- 2 Schuif S13. Snelheidmeter S1, versnellingsopnemers V7a/b en V8a/b
- 3 Schuif S13. Rekstrookbrug R1
- 4 Schuif S13. Kabelketting in schuifspinning
- 5 Meetversterkerkast (MVK) in verkeerskoker S12
- 6 Local Processing Unit (LPU) in gebruik
- 7 Schuif R21 met opnemers
- 8 Schuif R21. Drukopnemers en waterspiegelmeter in onderste horizontale schot zuidelijke eindkoker
- 9 Schuif R21. Waterspiegelmeter W1 en afstandsmeter L1 in zuidelijke schuifspinning
- 10 Schuif R21. Afstandsmeter L1 en rekstrookbrug R16 op zijaanslag
- 11 Konditiebewakingscontainer (KBC) in verkeerskoker R21
- 12 Main Processing Unit (MPU) in het Topshuis



## FIGUREN

- 1.1-1 Stormvloedkering Oosterschelde
- 2.2-1 Sluitgat Roompot
- 2.2-2 Sluitgat Schaar van Roggenplaat
- 2.3-1 Schema conditiebewakingsmeetsysteem
- 2.3-2 Locatie golfmeetboeien en waterstandsmmeetpunten
- 2.3-3 Schema conditiebewakingsmeetsysteem op schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20
- 3.1-1 Meetvoorzieningen op bovenbalk R20
- 3.1-2 Meetvoorzieningen op schuif S13
- 3.1-3 Meetvoorzieningen op schuif R21
- 3.1-4 Drukopnemers in vakwerkstaven schuif R21
- 3.1-5 Drukopnemers en versnellingsopnemers op horizontale schotten in zuidelijke eindkoker R21
- 3.1-6 Rekstrookjes op de zijaanslagen van schuif R21
- 3.4-1 Ronde behuizingen voor versnellingsopnemers op schuiven S13/R21
- 3.4-2 Rechthoekige behuizingen voor versnellingsopnemers op schuiven S13/R21
- 3.4-3 Behuizingen voor versnellingsopnemers en drukopnemers in bovenbalk R20
- 3.4-4 Behuizingen voor drukopnemers D1 en D2, schuif S13
- 3.4-5 Stroomgeleideplaten drukopnemers D1 en D2, schuif S13
- 3.4-6 Pijpvormige behuizingen voor drukopnemers D4 t/m D9, schuif R21
- 3.4-7 Behuizingen voor drukopnemers in vlakke platen, schuif R21
- 3.4-8 Behuizing voor drukopnemers in oplegblok bovenbalk R20
- 3.4-9 Bevestigingsvoorziening stroomsnelheidsmeter S1 op schuif S13
- 3.4-10 Behuizing voor verplaatsingsopnemers L1 en L2 op schuif R21
- 3.4-11 Oplooptoesen t.b.v. verplaatsingsopnemers L1 en L2 op schuif R21.
- 3.4-12 Bevestiging waterspiegelopnemers W1 t/m W8 op schuif R21
- 3.4-13 Verbeterde bevestiging kabelelektrodes
- 3.4-14 Bevestiging waterspiegelopnemer W11 aan bovenbalk R20
- 3.5-1 Kabelloop
- 3.7-1 Meetversterkerkast, indeling
- 3.8-1 Konditiebewakingscontainer in verkeerskoker S08, indeling
- 3.9-1 Konditiebewakingscontainer in verkeerskoker R21, indeling

FIGUREN (vervolg)

- 4.3-1 IJkresultaten oplegblok bovenbalk R20
- 4.3-2 Opstelling voor ijking oplegblok bovenbalk R20
- 4.5-1 Aansluitvolgorde rekstrookjes
- 4.6-1 Opstelling voor ijking zijaanslagen schuif R21
- 4.6-2 IJkresultaten buffer (zijaanslag) 330053-56 DEF
- 4.6-3 IJkresultaten buffer (zijaanslag) 33035-34 DEF
- 4.6-4 Aangenomen verband tussen belasting en rekstrook-output van buffers  
R21

## 1. Inleiding

### 1.1 Conditiebewaking stormvloedkering Oosterschelde

In het afgelopen decennium is de stormvloedkering in de Oosterschelde (fig. 1.1-1) gerealiseerd. Er kan nu teruggekeken worden op een langdurig, maar interessant ontwerp- en bouwproces. Vooral de ontwerpfase heeft zich gekenmerkt door een groot aantal studies en onderzoeken. Op hydraulisch gebied is in opdracht van de Deltadienst van Rijkswaterstaat veel onderzoek verricht door het Waterloopkundig Laboratorium (WL). Met name kunnen genoemd worden het onderzoek naar stroom- en golfbelastingen op de kering, het onderzoek naar het responsiegedrag van schuiven en betonbalken en het onderzoek naar de stabiliteit van de bodemverdediging.

Ter controle van de stormvloedkering is door Rijkswaterstaat een kwaliteitsbewaking ingesteld. Deze kwaliteitsbewaking bestaat uit een deel onderhoud en een deel conditiebewaking. In het projectplan Conditiebewaking Stormvloedkering van de projectgroep HISCON [1] wordt conditiebewaking omschreven als: "Het analyseren alsmede evalueren van het voorspelde gedrag van de constructie en zijn voor het ontwerp opgelegde randvoorwaarden, gehanteerde schematisaties en extrapolaties, teneinde een oordeel te kunnen vormen over de mate waarin de constructie zijn functie kan vervullen binnen de gestelde en eventueel gedurende zijn levensduur nog te stellen randvoorwaarden, aan de hand van het waargenomen gedrag van de constructie".

De evaluatie kan er toe leiden dat het geplande beheer van de stormvloedkering in enigerlei mate wordt bijgesteld. Zelfs ontwerpaanpassingen zijn niet uitgesloten.

Als afgeleide van het vaststellen van de kwaliteit van de kering is de evaluatie gericht op het vaststellen van de kwaliteit van de gehanteerde ontwerp- en onderzoeksmethoden. Voor het door het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerde modelonderzoek betekent dit laatste vooral het beoordelen van schaal-modelschematisaties en schaalearselen.

### 1.2 Opdracht voor het realiseren van een meetsysteem

Reeds in het ontwerpstadium is in de toenmalige werkgroep HOS (Hydraulisch Onderzoek Sluitingsmiddelen) een voorstel uitgewerkt voor het doen van

metingen naar de responsie van en de belasting op een tweetal schuiven [2]. In deze werkgroep zaten vertegenwoordigers van de Deltadienst, Directie Bruggen, Directie Sluizen en Stuwen en WL. Later zijn ook golfklapmetingen en responsmetingen aan een bovenbalk voorgesteld. WL heeft het meetvoorstel in het kader van het HISCON project verder uitgewerkt en heeft ook het meetsysteem ontworpen en op de betreffende schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20 aangebracht. In dit rapport (Q298/H326, deel II) wordt verslag gedaan van het ontworpen meetsysteem. In deel I van rapport Q298/H326 [3] is reeds een meetplan voor de schuiven en de bovenbalk uitgewerkt. Het onderhavige rapport is opgesteld door ing. H. de Vries, J. van de Pot en ir. T.H.G. Jongeling.

De opdracht voor het realiseren van het meetsysteem werd gegeven door het hoofd van de Deltadienst middels brief WT 1326, d.d. 6 december 1984. Het project maakt deel uit van project G8221 S00 van de Hoofdafdeling Waterloopkunde van de Deltadienst.

### 1.3 Uitvoering van het project

De conditiebewaking van de stormvloedkering bestaat uit de onderdelen [5]:

- conditiebewaking natuurrandvoorwaarden (hydraulische condities)
- conditiebewaking grondmechanica (ondergrond, aanstortingen)
- conditiebewaking staal/beton (schuiven, bovenbalken)
- conditiebewaking natte werken (bodemverdedigingen)

Voor elk van deze onderdelen is een meetplan opgezet. De natuurrandvoorwaardenmetingen zijn voorbereid door de Technisch Fysisch Dienst (TPD) te Delft in samenwerking met de Deltadienst. De grondmechanica metingen zijn door het Laboratorium voor Grondmechanica (thans Grondmechanica Delft, GD) voorbereid en de metingen aan de konstruktie (schuiven S13 en R21, bovenbalk R20) door WL. De conditiebewaking van de natte werken is uitgewerkt door RWS. Voor de conditiebewakingsmetingen is een data-acquisitiesysteem ontworpen, waarmee het merendeel van de meetdata van bovengenoemde metingen worden ingewonnen, opgeslagen en gedeeltelijk verwerkt. Dit data-acquisitiesysteem is opgezet door GD in samenwerking met de Deltadienst [7] en is geleverd door Transamerica Instruments b.v..

Het ontwerpwerk voor het meetsysteem op schuiven S13 en R21 is door WL in de zomer van 1984 gestart, nadat daarvoor al een globale opzet was gemaakt [4].

Plan was om de meetopnemers bij de fabrikant van de schuiven, de firma Grootint te Zwijndrecht, onder geconditioneerde omstandigheden op de schuiven aan te brengen. Deze opzet is slechts ten dele gelukt, omdat er door de grote tijdsdruk op het productieproces van de schuiven, welke was ontstaan doordat er materiaalfouten in de vakwerkstaven moesten worden hersteld, slechts weinig tijd beschikbaar was voor het bevestigen van opnemers en bekabeling. Een deel van de opnemers is daarom later, nadat de schuiven in de kering waren ingehangen, ter plaatse aangebracht. De opnemers op de bovenbalk R20 zijn volgens plan voor een deel op de bouwplaats in Kats aangebracht in ingestorte behuizingen en voor een deel op locatie in de stormvloedkering.

Het ontwerp van de bevestigingsvoorzieningen op de schuiven en de bovenbalk is in nauwe samenwerking met de ontwerpdiensten van Directie Bruggen en Directie Sluizen en Stuwen gerealiseerd.

De bekabelingswerkzaamheden zijn uitgevoerd door de firma Verburg Holland b.v. te Colijnsplaat onder directie van Directie Bruggen.

In opdracht van WL heeft TNO-IWECO rekstrookjes vervaardigd en op diverse onderdelen van de schuiven aangebracht.

Ter coördinatie van de verschillende werkzaamheden werd door Rijkswaterstaat een bouwbureau opgericht, waarvoor Directie Bruggen de voorzitter leverde. Dit bouwbureau heeft van 1984 tot en met 1987, de periode waarin het conditiebewakingsmeetsysteem voor de stormvloedkering werd gerealiseerd, gefunctioneerd. Van de tekeningen die voor dit project gemaakt zijn, is een complete set aanwezig op de stormvloedkering (Topshuis, Konditiebewakingscontainers).

## 2. Conditiebewakingsmetingen aan schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20

### 2.1 Keuze van schuiven en bovenbalk

In aansluiting op het modelonderzoek dat voor een lage en een hoge schuif is uitgevoerd, is er voor gekozen om conditiebewakingsmetingen te doen aan een 2-regelige lage schuif en een 3-regelige hoge schuif. Randvoorwaarde daarbij was dat de op de schuiven aan te brengen meetopnemers gemakkelijk op het HISCON meetnet aangesloten moesten kunnen worden. Dit impliceerde dat de te bemeten schuiven bij voorkeur dicht bij de conditiebewakingscontainers in verkeerskoker S8 (Schaar) en R21 (Roompot) gekozen moesten worden. De plaats van deze containers stond vast vanwege de metingen in de ondergrond van respectievelijk pijlers S9 en R22 [5].

Opening R21 is een diepe opening (zie fig. 2.2-1) waarin een 3-regelige hoge schuif is geplaatst. De keuze van deze schuif als meetschuif lag daarom voor de hand temeer daar hier gunstige golfcondities (diep voorland, daarom hoge golven) worden verwacht in verband met de voorgenomen golfklap- en langsbelastingmetingen. Om dezelfde redenen is de naastgelegen bovenbalk R20 gekozen voor het doen van golfklapmetingen.

Schuif S13 is een 2-regelige schuif die behoort tot de groep schuiven met de kleinste konstruktiehoogte (figuur 2.2-2) en die samen met de eveneens lage S3 het dichtst bij de conditiebewakingscontainer in verkeerskoker S8 is gelegen. Schuif S13 sluit goed aan bij het in schaalmodellen uitgevoerde onderzoek en is boven schuif S3 verkozen vanwege het voor het aanbrengen van het meetstelsel gunstiger produktietijdstip van de schuif.

### 2.2 Meetcampagnes

De motivatie voor het doen van metingen aan een lage 2-regelige schuif en een hoge 3-regelige schuif is destijds uitgewerkt in notitie 6-PROBU-M-83077 van Directie Bruggen [2]. In deel I van rapport Q298/H326 [3] is de motivatie voor de metingen aan de schuiven S13 en R21 en aan de bovenbalk R20 opgenomen en is een inventarisatie gemaakt van de meetbehoeften. Dit heeft geleid tot de formulering van verschillende meetcampagnes, welke gelijktijdig maar ook alle afzonderlijk uitgevoerd kunnen worden. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar [3].

De verschillende meetcampagnes zijn:

- |    |               |   |
|----|---------------|---|
| 1  | Bovenbalk R20 | Meting van golfklappen tegen de onderzijde van de balk en de responsie van de balk bij golfklappen.   |
| 2A | Schuif S13    | Meting van de responsie van de schuif en van 2 vakwerkstaven bij stroming (controle op stromingsgeïnduceerde trillingen).                         |
| 2B | Schuif S13    | Meting van krachten in vakwerkstaven in verband met knooppuntsvermoeding en meting (indirekt) van horizontale en verticale dwarsbelasting.        |
| 2C | Schuif S13    | Meting van eigenbewegingen (basic modes) van de schuif.   |
| 3A | Schuif R21    | Meting van golfklappen op de bovenste vakwerkligger.  |
| 3B | Schuif R21    | Meting van golfklappen op horizontale schotten in de zuidelijke eindkoker.  |
| 3C | Schuif R21    | Meting (indirect) van langsbelasting en van stootkrachten bij stoten van de schuif tegen de pijlers.  |
| 3D | Schuif R21    | Meting van de responsie van de schuif bij golfklappen (ter ondersteuning van meetcampagnes 3A en 3B) en bij stroming (ter controle op trillingen) |
| 3E | Schuif R21    | Meting van de eigenbewegingen van de schuif.  |

### 2.3 Hoofdlijnen van het meetsysteem

In hoofdlijnen bestaat het meetsysteem voor schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20 achtereenvolgens uit de volgende componenten (zie ook figuur 2.3-3):

- meetopnemers
- bekabeling vanaf schuif of bovenbalk naar de meetversterkers
- meetversterkers in de verkeerkokers
- analoog-digitaal omzetting
- data transport kabels naar het Topshuis op Neeltje Jans
- besturings-, data inwinnings- en verwerkingsfaciliteiten in het Topshuis.

Van dit meetsysteem heeft WL de opnemers op schuiven en bovenbalk gerealiseerd. In de aanschaf van de meetversterkers heeft WL een adviserende functie gehad evenals in het aanbrengen van de bekabeling en het ontwikkelen van de overige componenten van het data-inwinningsstelsel. De meetversterkers voor het meetsysteem op schuiven R21 en S13 en bovenbalk R20 zijn door WL afgeregeld.

Het meetsysteem voor schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20 is volledig geïntegreerd in het data-acquisitie systeem [7], dat voor de conditiebewakingsmetingen is opgezet (zie voor een overzicht figuur 2.3-1).

Hoofdgedachte bij het ontwerp van dit systeem was, dat alle meetinstrumenten, welke zich op verschillende locaties op onderling grote afstand van elkaar bevinden, centraal bediend moeten kunnen worden en dat de meetdata centraal ingewonnen moeten kunnen worden. Als centraal punt is het Topshuis op Neeltje Jans gekozen. Vanuit dit punt vindt ook de bediening van de schuiven en controle plaats. Als zodanig fungeert het Topshuis als zenuwcentrum van de stormvloedkering.

Om storingsinvloeden via de meetkabels te beperken zijn de meetversterkers zo dicht mogelijk bij de meetopnemers opgesteld. In de verkeerskokers S8 en R21 zijn daartoe containers met klimaatregeling geplaatst. (Deze plaatsen zijn gekozen, omdat het merendeel van de conditiebewakingsmetingen hier zijn geconcentreerd). De afstand van de opnemers op schuif S13 tot de container in verkeerskoker S8 is evenwel te groot voor een directe verbinding en daarom is in verkeerskoker S12 een extra kast geplaatst, waarin de meetversterkers voor schuif S13 zijn ondergebracht. De versterkte analoge meetsignalen van schuif S13 gaan van hieruit via een kabel naar de conditiebewakingscontainer in verkeerskoker S8 (figuur 2.3-3). De meetversterkers hebben alle een analoge uitgang, welke voor controledoelinden kan worden gebruikt, maar welke speciaal van nut is voor ad-hoc metingen, waarbij registratieapparatuur direct op de meetversterkers wordt aangesloten.

In beide conditiebewakingscontainers worden de meetsignalen gedigitaliseerd en vervolgens via glasvezelkabels overgestuurd naar de HISCON computer in het Topshuis. Deze verzorgt de opslag van de ruwe onbewerkte data op een optische schijf. Daarna zijn deze data beschikbaar voor verdere verwerking door GD, WL en TPD. De gedigitaliseerde meetsignalen worden daartoe naar behoefte overgespeeld op een magneetband (op een 1/2 inch industrial tape, ASCII code, 9 track, 1600 bpi, ANSI X.327-1978), waarna op de Instituten verdere verwerking kan plaatsvinden.

De besturing van het meetsysteem geschiedt via het toetsenbord van de HISCON computer in het Topshuis. Al naar gelang het ingetoetste programma worden groepen van meetversterkers en opnemers geactiveerd en vindt de inwinning van



meetdata plaats. Het nulniveau en de versterkingsfactor van de meetversterkers en het nulniveau van de opnemers zijn door middel van de HISCON computer op afstand te controleren.

In the Topshuis zijn via de CCC (Centrale Computer Configuratie) gegevens bekend over de stand van de schuiven en de status waarin deze schuiven zich operationeel gezien bevinden.

Daarnaast worden via een telefoonlijn regelmatig gegevens opgevraagd aan de VCZ (Verwerkingscentrum Zierikzee) computer betreffende:

- de waterstanden (meetpalen OS4 en OS9 aan zeezijde en meetpalen BS2 en BR2 aan Oosterscheldezijde)
- de significante golfhoogte van de inkomende golf (1 WAVEC in Schaar en Roompot aan zeezijde en 1 waverider in Roompot aan Oosterscheldezijde)
- windrichting en windsnelheid.

In figuur 2.3-2 zijn de locaties van de meetpunten voor waterstanden en golven aangegeven. Mogelijk worden ten behoeve van de conditiebewaking natuurrandvoorwaarden en natte werken nog extra waterstandsmeetpunten toegevoegd.

De gegevens van VCZ en CCC worden gescheiden van de meetdata opgeslagen en toegeleverd. Synchronisatie vindt plaats door toevoeging van een tijdsignaal uit een moederklok. In het VCZ worden de meetgegevens van de golfmeetboeien in de Schaar en in de Roompot (figuur 2.3-2) elke 20 minuten verwerkt tot golfhoogtespectra en golfrichtingspectra. Deze spectra worden separaat aangeleverd.

Ten behoeve van de operator van het conditiebewakingsmeetsysteem (Direktie Zeeland) is een gebruikershandleiding opgesteld [6], waarnaar volledigheidshalve wordt verwezen. Deze handleiding is gecombineerd met een onderhouds-draaiboek.

### 3. Ontwerp van het meetsysteem voor schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20

#### 3.1 Ontwerpeisen meetopnemers

Per meetcampagne (zie paragraaf 2.2) wordt hieronder aangegeven welke meetapparatuur is aangebracht voor het meten van de verwachte verschijnselen en welke ontwerpeisen er aan de meetopnemers zijn gesteld. Voor alle opnemers geldt in principe de eis, dat ze zo weinig mogelijk het stroombeeld mogen beïnvloeden en bestand moeten zijn tegen de optredende stroom- en golf(klap)-belastingen.

##### Meetcampagne 1. (bovenbalk R20)

Meting van golfklappen tegen de onderzijde van de balk en de responsie van de balk bij golfklappen.

Allereerst gaat het er hier om inzicht te verkrijgen in de excitatie-kant: de grootte van de golfklappen, het verloop van de klapdrukken in de tijd en de verdeling van de golfklappen over het balkoppervlak.

Daartoe zijn 10 drukopnemers in de bodem van de bovenbalk aangebracht met een concentratie van opnemers in de zuidelijke helft van de balk (vanwege de voorkeur voor noord-westelijke windrichtingen). Zie figuur 3.1-1a en b, opnemers D31 t/m D40. Verder is door de bodem van de bovenbalk heen een opnemer (W11) aangebracht voor het meten van locale waterspiegelbewegingen. Deze opnemer is nodig om de gemeten klapdrukken in verband te kunnen brengen met de snelheid van het rijzende waterspiegeloppervlak. Bij de interpretatie van golfklapdrukmetingen speelt de compressibiliteit van het water (een maat voor de "hardheid" van het water) een rol. De compressibiliteit wordt beïnvloed door de hoeveelheid lucht die in het water in belvorm aanwezig is; daarbij is ook de mate van verdeeldheid en de grootte van de luchtbelletjes van belang. Met akoestische meetapparatuur kan een maat voor de compressibiliteit van water worden verkregen. In speurwerkverband heeft WL hiervoor een akoestisch meetapparaat ontwikkeld [8]. Plaatsing van dit apparaat is voor de golfklapmetingen op schuif R21 (meetcampagne 3A, zie aldaar) gepland, maar vanwege de beperkte beschikbare financiële middelen voorlopig niet uitgevoerd. Wanneer het apparaat wordt geplaatst, kunnen de bij schuif R21 verkregen resultaten wellicht ook worden gebruikt bij de analyse van de golfklapmetingen aan de bovenbalk.

Om de responsie van de balk bij golfklappen te meten (met name eventueel oplichten), zijn er 4 versnellingsopnemers in het inwendige van de balk aangebracht; 2 in het midden van de overspanning en 1 bij elk van de kopeinden (figuur 3.1-1, opnemers V31 t/m V34). Deze opnemers geven inzicht in de verticale verplaatsing van de balk in het midden van de overspanning en nabij de opleggingen en geven aldus waarden voor de doorbuiging en de rotatie van de balk. De versnellingsopnemers t.p.v. de kopeinden geven tevens inzicht in de mate waarin het oplegblok in- en uitveert. In het oplegblok aan de zuidzijde zijn voorts 2 drukopnemers ingevulcaniseerd, waarmee de oplegkracht van de balk kan worden gemeten (opnemers K1 en K2).

Ontwerpeisen voor de meetopnemers:

- Drukdozen in de bodem van de balk: opnemers flush met betonoppervlak monteren; membraan van de opnemers flush uitgevoerd om luchtinsluitingen te voorkomen; meetbereik: in [9] worden locale golfklapdrukken afgeschat op een oppervlak van orde grootte balkbreedte x balkbreedte van  $50 \text{ à } 55 \text{ kN/m}^2$  met een kans van 5% in 200 jaar; in verband met zeer lokaal optredende pieken uitgaan van 10 bar (absoluut) opnemers; minimale stijgtijd orde 0,02 s.
- Versnellingsopnemers: responsie van de balk bij golfklappen in de eigenfrequentie van ca. 4Hz; max. verwachte dynamische doorbuiging orde 25mm [9]; max. versnelling orde  $15 \text{ à } 20 \text{ m/s}^2$ ; uitgaan van 5 g opnemers.
- Drukopnemers in oplegblok: max. verwachte dynamische oplegkracht orde 14.500 KN [9]; max. verwachte druk in de opnemers orde  $20.000 \text{ kN/m}^2$ ; uitgaan van 200 bar opnemers.
- Waterspiegelopnemer: waterspiegel volgen vanaf ca. 1 m onder het niveau van de bodem; stijgsnelheid water maximaal orde 2,5 m/s; de opnemer is kwetsbaar doordat deze een groot deel van de tijd in stromend water, waarin zich drijvende voorwerpen kunnen bevinden, steekt; daarom opnemer afschermen; optredende stroomsnelheden tot 7 m/s in situaties met geheven schuiven; hierop opnemer en beschermingskonstruktie te dimensioneren; dimensioneren op botsingen met grote drijvende voorwerpen wordt niet haalbaar geacht.

### Meetcampagne 2A (schuif S13)

Meting van de responsie van de schuif en van 2 vakwerkstaven bij stroming.

Het gaat hier om een controle van het trillingsgedrag van de schuif en van een tweetal slanke vakwerkstaven (ronde buizen).

De basic modes van de schuif zijn horizontale en verticale buigbewegingen (schuif te vergelijken met een ligger op twee steunpunten) en een torsie beweging, waarbij de middendoorsnede verdraait t.o.v. de einddoorsneden. Wanneer op 3 plaatsen in een vormvaste verticale doorsnede wordt gemeten, ligt het beweeggedrag van deze doorsnede vast. Het beweeggedrag van de gehele schuif (basic modes) kan nu worden bepaald door metingen uit te voeren in verschillende doorsnedes en deze doorsnedes aan elkaar te relateren. Gekozen is voor het aanbrengen van versnellingsopnemers (3 stuks) in de middendoorsnede en in een doorsnede nabij beide eindkokers. Zie figuur 3.1-2a en b, opnemers V1a,b, V2a,b, V3a,b, V4, V5 en V6. Zie ook foto 1. Opnemers V1a en V1b zijn in één behuizing ondergebracht en meten in twee onderling loodrechte richtingen (respectievelijk horizontaal en verticaal). Hetzelfde geldt voor opnemers V2a en V2b en V3a en V3b. Opnemers V4, V5 en V6 meten in horizontale richting. In het midden van de overspanning van twee slanke vakwerkstaven zijn versnellingsopnemers V7a,b en V8a,b aangebracht (zie figuur 3.1-2a doorsnede B-B, resp. doorsnede D-D). Opnemer V7a meet loodrecht op de staafas in het vlak van doorsnede B-B, doorsnede V7b meet loodrecht op dit vlak. Opnemers V8a en V8b meten in resp. horizontale en verticale richting (foto 2).

Om de responsie van de schuif en van beide vakwerkstaven te kunnen relateren aan de optredende stroomsnelheid, wordt het locale verval over de schuif gemeten m.b.v. drukopnemers D1 en D2 en de aanstroomsnelheid nabij de vakwerkstaven m.b.v. snelheidsmeter S1 (zie figuur 3.1-2a, doorsnedes B-B en C-C en foto 2). De snelheidsmeter meet de stroomsnelheid loodrecht op de lengte-as van de schuif (een horizontale en verticale component).

### Ontwerpeisen voor de meetopnemers:

- versnellingsopnemers op de schuif: responsie in eigenfrequentie van de schuif tussen ca. 1,5 en 4Hz [10]; bij een trillingsamplitude van orde 5mm en een frequentie van 4Hz ontstaat een versnelling van  $3m/s^2$ ; in verband met stootbelastingen tijdens transport van de schuif en in verband met golfklappen uitgaan van 5g opnemers; versnellingopnemers aanbrengen in 3 verticale doorsnedes.

- versnellingsopnemers op twee slanke vakwerkstaven: stel responsie buizen in eigenfrequentie van ca. 15Hz [11]; bij een trillingsamplitude van orde 2mm en een frequentie van 15Hz ontstaat een versnelling van  $18 \text{ m/s}^2$ ; in verband met stootbelastingen op de buizen (golfklappen, drijvende voorwerpen, stoten tijdens transport) uitgaan van 5g opnemers.
- drukopnemers voor het meten van het locale verval: membraan evenwijdig aan verticale waterbeweging plaatsen; maximale quasi-statische druk orde 10m waterkolom; uitgaan van 2,5 bar (absoluut) opnemers.
- watersnelheidsmeter: in extreme omstandigheden bedraagt de stroomsnelheid ter plaatse van de snelheidsmeter orde 4m/s [11]; uitgaan van een bereik van 5m/s horizontaal en verticaal.

#### Meetcampagne 2B (schuif S13)

Meting van krachten in vakwerkstaven in verband met knooppuntsvermoeding en meting (indirect) van horizontale en verticale dwarsbelasting.

In verband met een vermoedingsanalyse van een vakwerkknooppunt worden de krachten gemeten in staven welke in één knooppunt samen komen. Gekozen is voor een knooppunt aan zeezijde in de onderste horizontale vakwerkregel. De krachten in de staven worden gemeten met behulp van metaal-rekstrookjes, elk bestaande uit een langs- en een dwarsstrookje, welke op 4 plaatsen langs de omtrek van een staaf zijn aangebracht (zie figuur 3.1-2a). Deze rekstrookjes zijn in een brug van Wheatstone geschakeld tot één staafkrachtsignaal. De rekstrookjes zijn in figuur 3.1-2a genummerd R6a,b,c,d, R7a,b,c,d, R8a,b,c,d, R9a,b,c,d en R10a,b,c,d (5 staven in het horizontale vlak).

Bij benadering kan de horizontale en verticale dwarsbelasting op de schuif worden berekend uitgaande van de krachten die in de einddiagonaalstaven van beide horizontale vakwerkregels en het verticale vakwerkverband optreden. Op de betreffende diagonaalstaven zijn daartoe metaal-rekstrookjes (elk bestaande uit een langs- en een dwars strookje) aangebracht, 4 langs de omtrek en geschakeld tot één staafkrachtsignaal, welke in figuur 3.1-2 zijn genummerd: R1a,b,c,d en R2a,b,c,d (bovenste vakwerkregel), R5a,b,c,d en R11a,b,c,d (onderste vakwerkregel) R3a,b,c,d en R4a,b,c,d (verticaal vakwerkverband). Zie ook foto 3.

Ontwerpeisen voor de rekstrookjes:

Rekstrookjes direct op het metaal van de vakwerkstaven bevestigen; vanwege agressief zeemilieu grote zorg besteden aan plakken en afdichten van de strookjes; verdeling van de rekstroken over de staafomtrek zodanig dat een goede nauwkeurigheid (orde 5% van de maximale staafkracht) wordt verkregen; uitgaan van een maximale spanning in de staven t.g.v. hydraulische belastingen van orde  $150\text{N/mm}^2$ .

Meetcampagne 2C (schuif S13)

Meting van eigenbeweging (basic modes) van de schuif.

Deze meting is vooral van belang als ondersteuning bij de analyse van de andere metingen aan schuif S13. De eigenbewegingen worden op dezelfde manier gemeten als de responsie van de schuif, namelijk met 9 versnellingsopnemers welke in 3 verticale doorsnedes zijn geplaatst. Zie bij meetcampagne 2A.

Meetcampagne 3A (schuif R21)

Meting van golfkappen op de bovenste vakwerkligger.

Golfklappen zullen voornamelijk optreden wanneer de vakwerkliggers van de schuif zich in de nabijheid van het gemiddelde waterspiegeloppervlak bevinden. De golven zijn hoger naarmate de schuif dieper in het water steekt (grotere reflectie, bij einde sluiten zijn de inkomende golven groter). Er wordt daarom op de bovenste vakwerkligger gemeten. De meetposities sluiten aan bij het in een schaalmodel verrichte onderzoek [12]. In elk van de twee doorlopende vakwerkstaven zijn drie drukopnemers aangebracht, zie figuren 3.1-4 en 3.1-3a en b, genummerd D4 t/m D9.

Op de vakwerkstaaf aan zeezijde zijn bovendien 2 versnellingsopnemers (genummerd V20a,b) aangebracht, waarmee de responsie van de staaf in horizontale en verticale zin bij golfklappen wordt gemeten. De verticale waterbeweging onder de vakwerkstaven wordt gemeten met behulp van 2 waterspiegelopnemers W2 en W3 (foto 7), zodat er verband kan worden gelegd tussen de waterbeweging en de golfklap op de staaf. In verband met de geplande meting van de akoestische eigenschappen van het water in de golfklapzone onder de staaf zijn op de bovenste en middelste vakwerkregel reeds bevestigingspunten aangebracht, waar- tussen de akoestische meetapparatuur kan worden bevestigd. (In figuur 3.1-3a

Ontwerpeisen opnemers:

- drukopnemers in de buizen: drukopnemers flush met het staaloppervlak bevestigen; membraan van de opnemers flush uitgevoerd om luchtinsluitingen te voorkomen; meetbereik: in [12] worden 0,1% waarden voor de golfklapdruk als gemiddelde over een deel van het buisoppervlak gegeven van  $240\text{kN/m}^2$ ; in verband met optredende pieken uitgaan van 6bar (absoluut) opnemers; minimale stijgtijd orde 0,02 s.
- versnellingsopnemers: responsie op golfklap in eigenfrequentie (buigbeweging) van ca.12Hz [11]; bij een zware klap over de gehele lengte van de staaf tussen twee knooppunten (10,8m) is een uitbuiging mogelijk van orde 20 mm; rekening houdend met een dynamisch effect bereikt de versnelling een waarde van orde  $160\text{m/s}^2$ ; uitgaan van 25g opnemers.
- waterspiegelopnemers: de waterspiegel volgen vanaf het niveau van de middenregel tot aan het niveau van de bovenregel; stijgsnelheid water maximaal orde 3,5m/s; stroomsnelheid door de schuif in bovenste compartiment tot maximaal circa 1,5 m/s [11]; opnemers hierop te dimensioneren.

Meetcampagne 3B (schuif R21)

Meting van golfklappen op horizontale schotten in de zuidelijke eindkoker.

Wanneer de schuif wordt neergelaten kunnen zich golfklappen voordoen op de horizontale schotten in de eindkokers van de schuif.

In een schaalmodel is onderzoek gedaan naar de grootte van deze golfklapbelastingen [13]. Hierop aansluitend zijn in schuif R21 drukopnemers aangebracht in de horizontale schotten en de uitkraging van de zuidelijke eindkoker op het niveau van de onderste vakwerkregel. Zie figuren 3.1-3 en 3.1-5 en foto 8, opnemers D14, D16, D18, D20 en D22. Deze opnemers zijn in daartoe geboorde gaten in de plaatvelden gemonteerd, met het membraan gelijk met de onderkant van de plaat. Tevens zijn 2 versnellingsopnemers V17 en V19 boven op de plaatvelden aangebracht voor het meten van de verticale responsie van het plaatveld op golfklappen.

Nadat een serie metingen is uitgevoerd zullen de betreffende opnemers worden verplaatst naar de horizontale schotten op het niveau van de middenregel. In de figuren 3.1-3a en 3.1-5 zijn deze nieuwe posities aangeduid met de nummers D13, D15, D17, D19 en D21 voor de drukopnemers en met nummers V16 en V18 voor de versnellingsopnemers.

Voor het meten van de locale verticale waterspiegelbeweging in de eindkoker en en ter plaatse van de uitkragingen zijn waterspiegelopnemers W5 en W6 gemonteerd.

#### Ontwerpeisen opnemers:

- drukopnemers in de schotten: drukopnemers flush met het staaloppervlak bevestigen; membraan van de opnemers flush uitgevoerd om luchtinsluitingen te voorkomen; meetbereik: in model [13] zijn piekdrukken gemeten tot  $525 \text{ kN/m}^2$  (prototypewaarde, 0,01 % - waarde); uitgaan van 10bar (absoluut) opnemers; minimale stijgtijd orde 0,02 s.
- versnellingsopnemers: responsie plaatvelden in eigenfrequentie, welke naar schatting ligt in de range 40-80 Hz; bij een uitbuiging van orde 1 mm (zware klap) en een frequentie van 80 Hz is de optredende versnelling orde  $250 \text{ m/s}^2$ ; uitgaan van 50g opnemers.
- waterspiegelopnemers: in verband met het verplaatsen van de drukopnemers en versnellingsopnemers van de onderste schotten naar de middenschotten, de verticale waterspiegelbeweging meten vanaf circa 1 m onder het niveau van de onderregel tot aan het niveau van de middenregel; stijgsnelheid water maximaal orde 3,5 m/s; stroomsnelheid water onder de eindkoker door: maximaal 6 à 7 m/s bij begin neerlaten schuif in volle stroom; het onder de eindkoker uitstekende deel van de opnemers hierop te dimensioneren.

#### Meetcampagne 3C (schuif R21)

Meting (indirect) van langsbelasting en van stootkrachten bij stoten tegen de pijlers.

Bij scheef inlopende golven kan er, voornamelijk doordat er waterstandsverschillen over de eindkokers van de schuif ontstaan, een wisselende langsbelasting op de schuif werken. Als gevolg hiervan kan de schuif in lengterichting gaan bewegen en een stootbelasting op de pijler uitoefenen.

Voor het meten van het momentane verval over de eindkokers zijn de waterspiegelopnemers W4 en W8 ter weerszijden van de noordelijke eindkoker aangebracht en opnemers W1 en W7 ter weerszijden van de zuidelijk eindkoker (zie figuur 3.1-3 en foto 9). Omdat het drukverloop in de verticaal niet hydrostaatisch behoeft te zijn (dit is zeker het geval wanneer de schuif in langsrichting beweegt) worden er op 3 plaatsen in de verticaal drukken gemeten. In



figuur 3.1-3 zijn de betreffende drukopnemers als volgt genummerd: D1, D2 en D3 bij waterspiegelopnemer W1; D23, D24 en D25 bij waterspiegelopnemer W7; D26, D27 en D28 bij waterspiegelopnemer W8 en tenslotte D10, D11 en D12 bij waterspiegelopnemer W4.

Wanneer de schuif in langsrichting beweegt wordt de situatie complex, omdat een deel van de langsbelasting het gevolg is van de langsbeweging (hydrodynamische krachten). Om de langsbeweging van de schuif te kunnen meten zijn er in beide schuifspanningen aan de eindhar van de schuif verplaatsingsopnemers L1 en L2 (zie figuur 3.1-3 en foto 10) bevestigd, waarmee de afstand tussen de pijlers en de schuif kan worden gemeten.

Bij stoten van de schuif tegen de pijler treden er versnellingen op in de hydraulische bewegingswerken van de schuif. Om te controleren of de optredende versnellingen binnen het ontwerppunt blijven, worden de horizontale langsversnellingen van de schuif gemeten met behulp van opnemers V21 en V22, welke ter plaatse van de ophangpunten van de schuif op stijve langschotten zijn bevestigd. Optredende stootkrachten worden gemeten in de zijaanslagen van de schuif. Op de mantel van de zijaanslagen zijn daartoe langs de omtrek 8 metaalrekstrookjes, elk bestaande uit een langs- en een dwarsstrookje, aangebracht, welke in een brug van Wheatstone zijn geschakeld tot één krachtsignaal. In figuur 3.1-3a zijn de rekstrookjes genummerd R16 a t/m h en R17 a t/m h (zie ook figuur 3.1-6 en foto 10).

#### Ontwerpeisen opnemers:

- Waterspiegelopnemers: omdat de meting van de langsbelasting bij iedere schuifstand interessant is, de waterspiegelbeweging meten vanaf onderkant eindhar tot bovenkant eindhar; stijgsnelheid water maximaal orde 3,5 m/s; stroomsnelheid water onder de eindkoker door: maximaal 6 à 7 m/s bij begin neerlaten schuif in volle stroom; het onder de eindkoker uitstekende deel van de opnemers hierop te dimensioneren; in het bovenste compartiment is de stroomsnelheid maximaal orde 1,5 m/s [11].
- drukopnemers: membraan evenwijdig aan verticale waterbeweging plaatsen; maximale quasi-statische druk orde 20 m waterkolom voor de diepste opnemers tot orde 10 m waterkolom voor de hoogst geplaatste opnemers; uitgaan van 4bar (absoluut) opnemers voor de laagste posities en van 2,5bar (absoluut) opnemers voor de overige posities.

- verplaatsingsopnemers: meetbereik: volgens opgave Directie Bruggen is de maximale indrukking van de stootblokken orde 14 cm, de benodigde slag van de opnemers bedraagt dus 28 cm; in verband met eventuele speling tussen zijaanslagen en pijlers uitgaan van een slag van circa 50 cm; verticale waterspiegelsnelheid in de schuifspinning maximaal orde 4 m/s [14]; hierop opnemer te dimensioneren.
- versnellingsopnemers: geschematiseerde berekeningen van de optredende versnellingen bij botsen van de schuif tegen de pijler [14] geven aan, dat de langversnelling maximaal orde 2,5 m/s<sup>2</sup> bedraagt; in verband met mogelijke stoten tijdens transport uitgaan van 5 g versnellingsopnemers.
- rekstroken op zijaanslagen: rekstroken direct op het metaal aanbrengen; verdeling van de rekstroken over het manteloppervlak zodanig dat een goede nauwkeurigheid (orde 10% van de maximale stootkracht) wordt bereikt; de stootkrachten bedragen maximaal orde 2000 kN [14] bij een speling links en rechts van de schuif van 7,5 cm.

#### Meetcampagne 3D (schuif R21)

Meting van de responsie van de schuif bij golfklappen (ter ondersteuning van meetcampagnes 3A en 3B) en bij stroming (ter controle op trillingen).

De meting van de schuifresponsie wordt uitgevoerd met behulp van 9 versnellingsopnemers, welke in 3 stijve verticale doorsnedes zijn aangebracht. In figuur 3.1-3 zijn deze opnemers genummerd: V10a,b, V11a,b, V12a,b, V13, V14 en V15. Opnemers V10a en V10b zijn in één behuizing ondergebracht en meten in respectievelijk horizontale en verticale richting. Hetzelfde geldt voor opnemers V11a en V11b en V12a en V12b. Opnemers V13, V14 en V15 meten in horizontale richting. Voor de opnemers gelden dezelfde ontwerpeisen als voor de versnellingsopnemers genoemd bij meetcampagne 2A.

#### Meetcampagne 3E (schuif R21)

Meting van de eigenbewegingen van de schuif.

Deze meting dient ter ondersteuning van de analyse van de andere metingen aan schuif R21. De eigenbeweging wordt gemeten met dezelfde versnellingsopnemers als genoemd onder meetcampagne 3D.

### 3.2 Omvang van de datastroom

Voor het ontwerp van het data-acquisitiesysteem (DAS) was de omvang van de datastroom afkomstig van schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20 één van de randvoorwaarden. De grootte van de datastroom wordt bepaald door het aantal meetsignalen en de frekwentie van bemonsteren. Hieronder wordt per meetcampagne een overzicht gegeven van het voor de metingen interessante frekwentiegebied en de vereiste bemonsteringsfrekwentie bij de analoog-digitaal conversie. De bemonsteringsfrekwentie is minimaal een factor 4 hoger gekozen dan de hoogste frekwentie in de te bemeten frekwentieband. Bij het ontwerp van het DAS is uitgegaan van 3 vaste bemonsteringsfrequenties namelijk 10Hz, 100Hz en 1000Hz. In de praktijk zullen de bemonsteringsfrequenties iets afwijken van de hier genoemde waarden. Dit hangt samen met de eigenschappen van de besturingseenheid van de HISCON computer. Wordt bijvoorbeeld als basis-bemonsteringsfrekwentie 8Hz gekozen, dan liggen de hogere bemonsteringsfrequenties op respectievelijk 128 Hz en 1024 Hz (vermenigvuldigingsfactor  $2^n$ , met  $n$  = geheel getal). In de meetversterkers zijn 6<sup>e</sup> orde laagdoorlaatfilters ingebouwd (zie paragraaf 3.6), welke zijn ingesteld op een frekwentie van respectievelijk 2Hz, 25Hz en 250Hz. De analoge signalen worden vóór de A-D conversie gefilterd om aliasing (terugvouweffect, een effect dat bij digitalisering optreedt) te voorkomen.

Bovenbalk R20

Meet-campagne	Opnemers	Aantal	Grens frekwentie- gebied	Bemonsterings- frekwentie
1	drukopnemers D31 t/m D40	10	200 à 250 Hz	1000 Hz
	versnellingsopn. V31 t/m V34	4	10 à 15 Hz	100 Hz
	drukopnemers K1 en K2	2	10 à 15 Hz	100 Hz
	waterspiegelopn. W11	1	1 à 2 Hz	10 Hz

Schuif S13

Meet-campagne	Opnemers	Aantal	Grens frekwentie- gebied	Bemonsterings- frekwentie
2A	versnellingsopnemers V1a t/m V6	9	10Hz	100 Hz
	versnellingsopnemers V7a t/m V8b	4	20 à 25 Hz	100 Hz
	drukopnemers D1 en D2	2	1 à 2 Hz	10 Hz
	snelheidsmeter S1 (hor./vert.)	2	1 à 2 Hz	10 Hz
2B	rekstrookbruggen R1 t/m R11	11	20 à 25 Hz	100 Hz
2C	versnellingsopnemers V1a t/m V6 zie bij 2A.			

Schuif R21

Meet- campagne	Opnemers	Aantal	Grens frekwentie- gebied	Bemonsterings- frekwentie
3A	drukopnemers D4 t/m D9	6	200 à 250 Hz	1000 Hz
	versnellingsopnemers V20a en V20b	2	100 à 200 Hz	1000 Hz
	waterspiegelopnemers W2 en W3	2	1 à 2 Hz	10 Hz
3B	drukopnemers D14, D16, D18, D20, D22	5	200 à 250 Hz	1000 Hz
	versnellingsopnemers V17 en V19	2	100 à 200 Hz	1000 Hz
	waterspiegelopnemers W5 en W6	2	1 à 2 Hz	10 Hz
3C	verplaatsingsopnemers L1 en L2	2	5 à 10 Hz	100 Hz
	versnellingsopnemers V21 en V22	2	5 à 10 Hz	100 Hz
	rekstrookbruggen R16 en R17	2	10 à 25 Hz	100 Hz
	drukopnemers D1, D2, D3, D10, D11 D12, D23 t/m D28	12	1 à 2 Hz	10 Hz
	waterspiegelopnemers W1, W4, W7, W8	4	1 à 2 Hz	10 Hz
3D	versnellingsopnemers V10a t/m V15	9	10 Hz	100 Hz
3E	versnellingsopnemers V10a t/m V15 zie bij 3D			

In de praktijk zullen niet alle meetcampagnes steeds tegelijkertijd uitgevoerd behoeven te worden. Zie hiervoor het meetplan, dat voor de metingen aan de schuiven en bovenbalk is opgesteld [3]. Voor het bepalen van de capaciteit van het data-acquisitiesysteem is hier overigens wel vanuit gegaan. Wanneer alle meetcampagnes tegelijkertijd worden uitgevoerd, is de maximale belasting:

	aantal kanalen van			totaal aantal kanalen
	10 Hz	100 Hz	1000 Hz	
Bovenbalk R20	1	6	10	17
Schuif S13	4	24	-	28
Schuif R21	20	15	15	50
Totaal	25	45	25	95

Daarnaast worden gegevens over schuifstanden, waterstanden aan zeezijde en Oosterscheldezijde, inkomende golf, windrichting en windsnelheid toegeleverd (zie [3]). Deze gegevens worden overigens ook voor andere conditiebewakingsmeetcampagnes gebruikt.

### 3.3 Keuze van de opnemers

#### 3.3.1 Algemeen

Bij het opzetten van het meetsysteem werd om praktische redenen besloten om de meetopnemers op de schuiven zoveel mogelijk bij de fabrikant, de firma Grootint te Zwijndrecht, aan te brengen. Door deze keuze waren de ontwerpwerkzaamheden voor wat betreft de einddatum gekoppeld aan het produktieschema voor de schuiven. Tussen de datum van opdracht van Rijkswaterstaat en de datum van aanbrengen van de opnemers op de eerste schuif, de S13, was - na aftrek van levertijden voor de opnemers en de tijd nodig voor preparatie van de opnemers - slechts een korte tijdsperiode beschikbaar voor het doen van een keuze van het voor de beoogde metingen meest geschikte meetinstrument. Er kon daardoor geen vergelijkende beoordeling van opnemers van verschillende fabrikanten worden gemaakt, zodat de keuze moest worden gebaseerd op eigen ervaring en op informatie van andere instanties (o.a. verschillende Rijkswaterstaat Diensten en TNO-IWECO). Bij de keuze van de opnemers en toebehoren hebben onder andere ook de ervaringen opgedaan bij de metingen aan de Haringvlietsluizen een rol gespeeld. Voor het ontwerp van de opnemers op schuif R21 en later voor de opnemers op bovenbalk R20 was meer tijd beschikbaar. Vanwege de uniformiteit van opnemers en vanwege het kostenaspect werd echter besloten om overal dezelfde soort opnemers toe te passen. In de volgende paragrafen, worden de diverse opnemers aan de orde gesteld.

### 3.3.2 Versnellingsopnemers

Als versnellingsopnemer, werd de rekstrookopnemer type 4 - 202 van het fabriekaat C.E.C. (later opgegaan in Transamerica Instruments) gekozen. Dit type versnellingsopnemer werd ook met goed gevolg toegepast bij de prototype metingen aan de Haringvlietsluizen. De specificaties van de versnellingsopnemers zijn opgenomen in de specificatiebladen genummerd Spec. 3.3-1a en 3.3-1b. In totaal waren 32 versnellingsopnemers nodig, die als volgt werden verdeeld:

Onderdeel	aantal	meetbereik	bedoeld voor:
bovenbalk R20	4	$\pm 5g$	meetcampagne 1
schuif S13	9	$\pm 5g$	meetcampagnes 2A en 2C
	4	$\pm 5g$	meetcampagne 2A
schuif R21	9	$\pm 5g$	meetcampagnes 3D en 3E
	2	$\pm 5g$	meetcampagne 3C
	2	$\pm 25g$	meetcampagne 3A
	2	$\pm 50g$	meetcampagne 3B

Alle versnellingsopnemers werden functioneel gecontroleerd (visuele inspectie en controle nummers van de opnemers, meten isolatieweerstand en nulpunt meetbrug, bepalen ijkfactor), waarbij voor controle van de ijkfactor gebruik werd gemaakt van de zwaartekrachtsversnelling. Steekproefsgewijs werden 4 versnellingsopnemers met goed gevolg dynamisch gecontroleerd door TNO-Iweco. Deze controle hield in een beproeving met behulp van een elektromagnetisch excita-tor, waarbij de output bepaald werd als functie van de frekwentie. (frekwentie-responsie karakteristiek).

De resultaten waren:

50 g opnemer: -3dB punt op 728 Hz

25 g opnemer: -3dB punt op 590 Hz

5 g opnemer: -3dB punt op 185 Hz

5 g opnemer: -3dB punt op 227 Hz

### 3.3.3 Drukopnemers

De aard van de drukmetingen vereiste, dat alle drukopnemers waren voorzien van een vlak membraan. Om de versturende invloed van nat/droog situaties zoveel mogelijk te beperken moest het meetsysteem thermisch zo goed mogelijk ontkoppeld zijn van het membraan. Bovendien was het belangrijk, dat de drukopnemers, afhankelijk van de meetplaats, in behuizingen van verschillende geometrie geplaatst konden worden. Voor het meten van golfklapdrukken op buiswanden (vakwerkstaven), moesten de afmetingen beperkt zijn.

Ook in dit geval viel de keus op opnemers van het fabrikaat C.E.C (Trans-america Instruments) en wel op de O.E.M. uitvoering type BHL 4400 - 53. Drukopnemers van hetzelfde fabrikaat, maar van een verouderd type werden met succes toegepast bij de prototypemetingen aan de Haringvlietsluizen. De specificaties van de drukopnemers zijn opgenomen in Spec. 3.3-2a t/m 3.3-2c. Ondanks het nadeel van de gevoeligheid voor verandering in de atmosferische druk, werd gekozen voor absolute drukopnemers (dit zijn opnemers, die ook de luchtdruk mee meten). Drukopnemers met referentie naar de atmosfeer zouden door de lange capillaire verbinding tot in de verkeerskoker toch niet goed functioneren. Bovendien zou het binnendringen van vochtige lucht in de drukopnemers niet ondenkbeeldig zijn geweest. In totaal waren 35 drukopnemers nodig, die als volgt werden verdeeld:

onderdeel	aantal	meetbereik	bedoeld voor
bovenbalk R20	10	10 bar (abs)	meetcampagne 1
schuif S13	2	2,5 bar (abs)	meetcampagne 2A
schuif R21	6	6 bar (abs)	meetcampagne 3A
	5	10 bar (abs)	meetcampagne 3B
	4	4 bar (abs)	meetcampagne 3C
	8	2,5 bar (abs)	meetcampagne 3C

Alle drukopnemers werden functioneel gecontroleerd (temperatuurscoëfficiënt, nulpunt, isolatieweerstand) en geijkt met een dead weight testinstallatie. In het najaar van 1986 werd geconstateerd dat een aantal opnemers in de zuidelijke eindkoker van schuif R21 defect waren geraakt. Het betrof 4 opnemers van 10bar en een opnemer van 4bar (resp. nummer D14, D16, D20, D22 en D25, Zie



figuur 3.1-3). Al deze opnemers werden vervangen door 10bar opnemers van hetzelfde fabricaat en hetzelfde type. In paragraaf 3.12 wordt nader ingegaan op het defect raken van de opnemers.

#### 3.3.4 Drukopnemers in oplegblok 2 van bovenbalk R20

In het oplegblok nr. 2 (zuidelijk oplegblok) van bovenbalk R20 werden 2 drukopnemers type 4043 - 200 bar; fabriek Kistler, aangebracht ten behoeve van meetcampagne 1. De keus viel op deze opnemer, omdat Grondmechanica Delft daar al uitgebreide ervaring mee had opgedaan en deze ook heeft toegepast in oplegblokken van dorpelbalken. Deze drukopnemer was niet geschikt voor toepassing op de schuiven en in de bovenbalk, omdat het membraan niet voldoende vlak is uitgevoerd. De specificaties van de drukopnemer zijn opgenomen in Spec. 3.3-3a en 3.3-3b.

Beide drukopnemers werden alleen functioneel gecontroleerd, omdat het oplegblok later als geheel is geijkt (zie paragraaf 4.3).

#### 3.3.5 Elektromagnetische snelheidsmeter

Bij het kiezen van een twee-componenten elektromagnetische snelheidsmeter ten behoeve van meetcampagne 2A, schuif S13, werd met name uitgegaan van de ervaringen, die bij verschillende Rijkswaterstaatsdiensten, waaronder de Diensten in Delfzijl, Hoorn en Vlissingen, waren opgedaan. Zodoende viel de keus op de currentsensor type S4281 van het fabricaat N.S.W, met een bereik van + 5m/s tot - 5 m/s en een uitgangssignaal van + 20mA tot - 20mA. Via een weerstand van 250  $\Omega$  wordt dit uitgangssignaal omgezet in een signaal van +/- 5V. De specificaties van de snelheidsmeter zijn opgenomen in Spec. 3.3-4a t/m 3.3-4d. Naast een functionele controle, werd de ijkgrafiek van de snelheidsopnemer gecontroleerd in de ijkgoet van WL (zie paragraaf 4.4)

#### 3.3.6 Rekstroken

In het verleden heeft het Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies (TNO-Iweco) voor Rijkswaterstaat speciale geprefabriceerde rekstroken ontwikkeld voor toepassing onder ruwe buiten-omstandigheden. Daarbij wordt op een dunne metalen drager een rekstrookje aangebracht, waarna het geheel voorzien van een meetkabel waterdicht wordt afgewerk met onder andere synthetische rub-

bercompounds. De op deze manier geprefabriceerde rekstroken worden als geheel op de konstruktie gelijmd en verder afgewerkt. Het lag voor de hand om gebruik te maken van bovengenoemde rekstroken en deze ook te laten monteren door TNO-Iweco.

De geprefabriceerde rekstroken zijn voorzien van strookjes van het fabrikaat Hottinger; type 6/350-XY 11. In Spec. 3.3-5a en 3.3-5b is schematisch aangegeven, hoe het tweevoudige rekstrookje is gepositioneerd ten opzichte van de metalen drager.

Afgezien van een funktionele controle en een controle op waterdichtheid, werden de geprefabriceerde rekstroken niet geijkt. Voor de ijking wordt uitgegaan van de door de fabrikant opgegeven k-factor, die in alle gevallen  $2,05 \pm 0,5\%$  bedraagt. Deze k-factor geeft het verband weer tussen rek en spanning. Behalve voor het meten van staafkrachten van schuif S13 (meetcampagne 2B), zijn de geprefabriceerde rekstroken ook toegepast op de zijaanslagen van schuif R21 (meetcampagne 3C, stootkrachten). De zijaanslagen zijn in het laboratorium van TNO-Iweco geijkt. Hievoor wordt verwezen naar hoofdstuk 4.6.

### 3.3.7 Verplaatsingsopnemers

Op grond van ervaringen bij WL, werd voor het meten van de langsverplaatsing van schuif R21 ten opzichte van de pijlers (meetcampagne 3C) gekozen voor de inductieve verplaatsingsopnemer model 10000 HCD van het fabrikaat Schaevitz, met een meetbereik van + 10 inch tot - 10 inch. De specificaties zijn opgenomen in Spec. 3.3-6.

Bij de afnamecontrole werd de ijking geverifiëerd, door met behulp van een schuifmaat bekende verplaatsingen aan te bieden.

### 3.3.8 Waterspiegelmeters schuif R21

Omdat het financieel niet haalbaar was om, voor het meten van de waterspiegelbeweging te denken aan stappenbaken of iets soortgelijks, viel de keus op capacatieve niveaumeters van het fabrikaat Endress en Hauser. Met dit soort apparatuur had WL al enige ervaring bij buitenmetingen opgedaan. Bovendien was bekend dat deze capacatieve niveaumeters onder ander ook gebruikt worden als golfhoogtemeter bij off-shore konstrukties. Als electrode werd gekozen de kabelelectrode type 21310. Het lag in de bedoeling daarin de converter type EC 72 Z met een meetfrequentie van 1 MHz toe te passen. Een hoge meetfrequentie

verkleint namelijk de gevoeligheid voor vervuiling van de kabel. Door de grote lengte van de kabels en dientengevolge de grote capaciteit moest de meetfrequentie terug gebracht worden tot 100 kHz. Dit werd gerealiseerd door de converter type EC21 toe te passen in plaats van type EC 72 Z. Als eindversterker werd het type FMC 380 gekozen. De specificaties van de diverse componenten zijn opgenomen in Spec. 3.3-7a t/m 3.3-7i. Daar van de converter type EC 21 geen geschikte documentatie beschikbaar was, is de documentatie van type EC 72 Z opgenomen. In principe zijn de enige verschillen de meetfrequentie van 100 kHz in plaats van 1MHz en het verschil in aansluiting. In totaal werden 8 kabelelectrodes op schuif R21 aangebracht en wel 4 stuks van ca. 12 m lang voor het meten van de waterspiegelbeweging (meetcampagne 3C) langs de zijkanten van de eindkokers; 2 stuks van circa 6 meter lang voor het meten van de waterspiegelbeweging in en voor de zuidelijk eindkoker (meetcampagne 3B) en 2 stuks van circa 4 meter lang voor het meten van de waterspiegelbeweging ter plaatse van de vakwerkstaven waarop golfklapdrukken worden gemeten (meetcampagne 3A). Van alle 8 waterspiegelmeters werden de bereiken in het laboratorium afgesteld, door de meetkabels over bekende afstanden onder water te dompelen.

### 3.3.9 Waterspiegelmeter bovenbalk R20

Evenals voor schuif R21 viel de keus op een capacitieve niveaumeter van het fabrikaat Endress en Hauser. Omdat het in dit geval om een klein bereik ging (netto ruim 1 meter, meetcampagne 1) werd de staafvormige elektrode type 11302, L = 1600 mm gekozen. Als converter werd het type EC 72 Z toegepast en als eindversterker het type FMC 380. De specificaties van de elektrode type 11302 zijn opgenomen in Spec. 3.3-8a en 3.3-8b. Voor de specificaties van de converter en de eindversterker wordt verwezen naar de Spec. 3.3-7b t/m 3.3-7i. Het bereik van de waterspiegelmeter werd in het laboratorium afgesteld, door de elektrode, nadat deze in de behuizing was gemonteerd over bekende afstanden onder water te dompelen.

### 3.4 Behuizingen van de opnemers en bevestigingen

#### 3.4.1 Algemeen

De behuizingen van de opnemers werden in samenwerking met het Produktcentrum TNO ontworpen en door laatstgenoemd instituut gemaakt. Eén en ander vond, wat de schuiven betreft, in nauw overleg plaats met Directie Bruggen, en wat de bovenbalk betreft met Directie Sluizen en Stuwen. De inbreng van Directie Bruggen en van Directie Sluizen en Stuwen had vooral betrekking op de bevestiging van de opnemers, omdat WL niet kon beoordelen wat konstruktief wel of niet acceptabel was. In eerste instantie was het gebruik van roestvaststaal voor de behuizingen op de schuiven niet toegestaan. Om deze reden zijn alle behuizingen op schuif S13 en de behuizingen van de versnellingsopnemers op schuif R21 uitgevoerd in normaal staal. Nadat het verbod op het gebruik van roestvaststaal was opgeheven, werd voor de resterende behuizingen overgeschakeld op RVS 316, en alleen voor de behuizingen van de versnellingsopnemers in de bovenbalk op RVS304 (door hun positie binnen in de balk zijn ze afgeschermd van weer en wind). Omdat de behuizingen van normaal staal geconserveerd moesten worden, werd advies ingewonnen bij de firma Sigma Coatings. Het daaruit resulterende verftechnisch advies nr. 12257/84 met bijbehorende documentatie is opgenomen in Spec. 3.4-1a t/m 3.4-1q. Door de conserveringsdeskundige van Rijkswaterstaat werden in verband met de montage nog wat aanvullende adviezen gegeven, die in het vervolg zo nodig aan de orde komen. Waar nodig werden schroefdraadbevestigingen geborgd met Loctite 242, fabrikaat Loctite Ltd en werd de schroefdraad van wartels en sluitdoppen van behuizingen, ondanks O-ringen of pakkingen, extra behandeld met vloeibare pakking type Hylomar, fabrikaat Rolls-Royce Ltd.

Alle opnemers werden voor zover van toepassing, in het laboratorium in de behuizingen gemonteerd en voorzien van een 4-aderige afgeschermd meetkabel (paragraaf 3.5), waarna de behuizingen werden afgegoten met zuurvrije vaseline. Omdat bij de schuiven de kabellengte vooraf moeilijk te bepalen was en het bovendien onpraktisch was op de schuiven te werken met een grote lengte aan kabel, werd de lengte van de aan de opnemers bevestigde kabels beperkt tot circa 2 meter. Na de montage van de behuizingen en het aanbrengen van de bekabeling op de schuiven, moesten dus lassen worden aangebracht. Bij de bovenbalk waren de benodigde kabellengtes kleiner en vóóraf wel goed te bepalen. Omdat bovendien het werken met lange, aan de opnemers bevestigde kabels bij de

bovenbalk geen problemen gaf, werden de lengtes zodanig bepaald, dat zonder onderbreking de doorverbindingskast in de bovenbalk kon worden bereikt (zie paragraaf 3.5.3.)

De behuizingen met opnemers voor de schuiven werden zoveel mogelijk bij de fabrikant (de Firma Grootint te Zwijndrecht) op de schuiven aangebracht en voor zover dat vanwege de beperkte beschikbare tijd en in verband met het transport van de schuiven niet mogelijk was, later op de kering. De in het beton van de bovenbalk in te storten voorzieningen, bestaande uit buitenbehuizingen voor de 10 drukopnemers en een bus door de vloer van de bovenbalk voor de waterspiegelopnemer, werden tijdig afgeleverd op de fabriekplaats van de bovenbalken in Kats, Zeeland, waarna, na het gereedkomen van de bovenbalk, daar ter plaatse de drukopnemers werden gemonteerd. De versnellingsopnemers en de waterspiegelometer werden gemonteerd na het plaatsen van de bovenbalk in de kering. De drukopnemers in het oplegblok nummer 2 van de bovenbalk, werden bij Vredestein, de fabrikant van het oplegblok gemonteerd.

In de volgende hoofdstukken, worden de verschillende behuizingen en bevestigingen afzonderlijk behandeld. Voor de positie van de behuizingen op de schuiven en in de bovenbalk wordt verwezen naar de figuren 3.1-1 t/m 3.1-6.

#### 3.4.2 Behuizingen versnellingsopnemers

Voor de schuiven S13 en R21 werden twee types behuizingen van normaal staal gemaakt: ronde behuizingen en (zo compact mogelijk) rechthoekige behuizingen. Op de meetplaatsen waar de hydraulische verstoring geen rol speelt, werden 16 ronde behuizingen volgens de TNO-tekening en stuklijst 84050/00001 aangebracht (figuur 3.4-1). In afwijking van de tekening werden in plaats van inbusbouten, verzinkte bouten met zeskante kop toegepast (zie stuklijst).

In de ronde behuizingen werden, afhankelijk van de meetplaats, één of twee versnellingsopnemers gemonteerd. De meetrichting van de ene opnemer is loodrecht op de bodem (a) en van de andere opnemer evenwijdig aan de bodem (b). Op schuif S13 werden 6 ronde behuizingen aangebracht, aangeduid met V1 tot en met V6, waarvan V1, V2 en V3 werden uitgevoerd met 2 versnellingsopnemers. De versnellingsopnemers V4, V5 en V6 werden gemonteerd in de a-positie. Door de wijze van monteren van de behuizingen op de schuif, is de meetrichting van de opnemers V1a, V2a, V3a, V4, V5 en V6 horizontaal loodrecht op de lengte as van de schuif en van de opnemers V1b, V2b en V3b verticaal. Op schuif R21 werden

10 ronde behuizingen aangebracht, aangeduid met V10 t/m V15, V17, V19, V21 en V22, waarvan V10, V11 en V12 werden uitgevoerd met 2 versnellingsopnemers. De opnemers V13, V14, V15, V17 en V19 werden gemonteerd in de a-positie en de opnemers V21 en V22 in de b-positie. Door de wijze van monteren van de behuizingen op de schuif, is de meetrichting van de opnemers V10a, V11a, V12a, V13, V14 en V15 horizontaal loodrecht op de lengte as van de schuif, van de opnemers V10b, V11b, V12b, V17 en V19 verticaal, en van de opnemers V21 en V22 horizontaal in de lengterichting van de schuif.

De 3 rechthoekige behuizingen volgens TNO-tekening en stuklijst 84050/00006 (figuur 3.4-2) werden zo compact mogelijk gemaakt om bij het meten van de responsie van vakwerkbuizen zo min mogelijk hydraulische verstoring te veroorzaken. De schetsplaten aan de zijde van de kabelinvoer voor de bevestiging van de behuizingen werden met een beperkte buigstijfheid uitgevoerd, om de lengteverandering van de vakwerkbuizen onder belasting te kunnen volgen. Zoals de tekening aangeeft, was het de bedoeling, om de behuizingen zo dicht mogelijk tegen de buiswand te monteren. Omdat de afstanden tussen de door de fabrikant van de schuiven aangebrachte bevestigingsplaten, te veel maatafwijkingen vertoonden, bleek het alleen mogelijk de rechthoekige behuizingen met de bovenkant naar beneden te monteren. Daardoor werd de afstand tot de buiswand helaas onnodig vergroot. In alle drie rechthoekige behuizingen, werden 2 versnellingsopnemers gemonteerd, waardoor in twee onderling loodrechte richtingen ten opzichte van de lengteas van de vakwerkbuis kan worden gemeten. De meetrichting van opnemer a is loodrecht op de bodem van de behuizing en van opnemer b evenwijdig aan de bodem.

Op schuif S13 werden 2 rechthoekige behuizingen aangebracht, met de versnellingsopnemers V7a, V7b, V8a en V8b. Op schuif R21 werd 1 rechthoekige behuizing aangebracht met de versnellingsopnemers V20a en V20b.

Vóór het monteren van de behuizingen werden de montagevlakken schoongemaakt en ingesmeerd met 2 componenten elasto voegmassa type Proctall SF; fabrikaat Construction Coatings Nederland B.V., waarna de bouten werden aangehaald. Zodoende werden eventuele kieren geheel opgevuld en werd de omtrek van de montagevlakken goed afgeschermd. Ook de boutkoppen en sluitringen werden afgedekt met Proctall SF. Voor de versnellingsopnemers in de bovenbalk werden 4 RVS behuizingen gemaakt volgens TNO-tekening en stuklijst 84050/00110 (figuur 3.4-3a)

De behuizingen van de versnellingsopnemers V31, V33 en V34 werden met RVS

clickerbouten direct op de betonvloer vastgezet. De behuizing van de versnellingsopnemer V32 werd met een stoel (pos 13) op het schuine betonvlak tussen vloer en wand gemonteerd, om de afstand tussen V32 en V33 zo groot mogelijk te maken (figuur 3.1-1).

### 3.4.3 Behuizingen drukopnemers

De drukopnemers D1 en D2 van schuif S13 werden ondergebracht in de normaal stalen behuizingen volgens TNO-tekening en stuklijst 84050/00003 (figuur 3.4-4). De behuizingen werden met tussenschakeling van de stroomgeleide platen volgens tekening TNO 84050/00019 (figuur 3.4-5) op de schuif gemonteerd.

De behuizingen werden op dezelfde wijze afgewerkt als de normaal stalen behuizingen voor versnellingsopnemers.

De drukopnemers D4 tot en met D9 voor het meten van golfklapdrukken op vakwerkbuizen van schuif R21 werden ondergebracht in de pijpvormige behuizingen volgens TNO-tekening en stuklijst 84050/00030 (figuur 3.4-6).

De verlijming van de drukopnemer en de houder (pos 12) werd uitgevoerd met koudhardende Araldit epoxy AW 136 en harder HY 994.

Na het aanbrengen van de kabel en het lijmen van de houder met drukopnemer werd de gehele behuizing afgegoten met zuurvrije vaseline.

Vóór het aanbrengen van de pijpvormige behuizingen in de vakwerkbuizen van de schuif werden de buitenzijde van de behuizingen en de binnenzijde van de montagepijpen ter plaatse van de drukopnemers ingesmeerd met Proctall SF.

Na het afmonteren werd de Proctall SF rondom de drukopnemers glad afgewerkt en werden de koppen van de bouten en de omtrek van de pasring (pos 9), met name ter plaatse van de contactvlakken, afgedekt met Proctall SF.

De drukopnemers voor vlakke platen, D1, D2, D3, D10, D11, D12, D14, D16, D18, D20, D22 en D23 tot en met D28, werden ondergebracht in behuizingen volgens TNO-tekening en stuklijst 84050/00045 (figuur 3.4-7). De drukopnemers werden in de vattingen gelijmd met koudhardende Araldite epoxy AW136 en harder HY 994.

Vóór het monteren van de behuizingen in de platen, werden de wanden van de behuizingen en van de gaten in de platen, die na het monteren de spleten begrenzen, behandeld met hechtprimer gtpl en werd een overmaat van één komponent polysulfide kit, beide fabrikaat Sigma Coatings, aangebracht. Nadat de stel-

plaat (pos 9) met behulp van de draadeinden en moeren (pos 1) was vastgetrokken werd de behuizing met behulp van de stelschroeven (pos 14), zodanig gefixeerd, dat de voorzijde van de drukopnemer vlak kwam te liggen met de plaat. Daarna werd de overtollige kit aan de opnemerzijde glad afgewerkt en aan de andere zijde van de plaat in de vorm van een "hoeklas" rondom de flens van de behuizing gelegd.

De drukopnemers in de bovenbalk, D31 t/m D40, werden ondergebracht in de behuizingen volgens TNO-tekening en stuklijst 84050/00060 (figuur 3.4-3b)

De drukopnemers werden in de vattingen gelijmd met koudhardende Araldit epoxy AW136 en harder HY994. De drukopnemerbehuizingen zijn vanaf de onderzijde van de bovenbalk in de in het beton ingestorte buitenbehuizingen gemonteerd. De konstruktie is zodanig uitgevoerd dat de drukopnemerbehuizing en het membraan van de opnemer in het vlak van de onderzijde van de bovenbalk liggen.

De kabel van de drukopnemer werd door de pijp op de buitenbehuizing in de bovenbalk ingevoerd.

Om lekkage vanaf de onderzijde van de bovenbalk te voorkomen is bij de montage van de drukopnemerbehuizing in de buitenbehuizing een o-ring afdichting toegepast.

De kabel-doorvoer is met behulp van een wartel afgedicht.

#### 3.4.4 Behuizing drukopnemers in oplegblok

Uit figuur 3.1-1 en WL tekening nummer 07237 (figuur 3.4-8) blijkt, hoe de behuizing van de beide drukopnemers in oplegblok 2 van bovenbalk R20 is uitgevoerd. De draadgaten M27 x 1,5 werden door Vredestein in de stalen plaat van het oplegblok aangebracht vóórdat het oplegblok werd gemaakt. Tijdens de fabricage werden de draadgaten tijdelijk met proppen afgesloten.

Na de fabricage werden bij Vredestein de drukopnemers en behuizing aangebracht. De ruimtes tussen de drukopnemers en het rubber werden opgevuld met siliconen rubber Silastic E-RTV fabrikaat 3M. Tijdens het aandraaien van de opnemers werd ontlucht met behulp van de kogelventielen. Nadat de hydrauliekslangen en de meetkabels (met voldoende lengte om tot de doorverbindingskast in de bovenbalk te komen) waren aangebracht, werd de behuizing afgegoten met kabelhars type Scotchcast 2130U fabrikaat 3M.

Vervolgens werd het oplegblok geijkt (zie paragraaf 4.3) en werd de betonnen



vulplaat aangestort. Daarna werd het oplegblok op de betreffende pijler R20 gemonteerd en werden na het plaatsen van de bovenbalk de meetkabels ingevoerd en de hydrauliekslangen doorgekoppeld, zodat een zeevaste invoer verkregen is. De koppeling in de hydrauliekslang is waterdicht afgewerkt door er een gevulde krimpkous overheen te krimpen.

#### 3.4.5 Bevestiging elektromagnetische snelheidsmeter

De bevestiging van de elektromagnetische snelheidsmeter op schuif S13, werd uitgevoerd conform TNO-tekening en stuklijst 84050/00010 (figuur 3.4-9 en foto 2). De schetsplaten voor de bevestiging van de snelheidsmeter werden met een beperkte buigstijfheid uitgevoerd, om de lengteveranderingen van de vakwerkbuis onder belasting te kunnen volgen. De snelheidsmeter werd in de juiste stand (in rotatie zin) gefixeerd met behulp van de aangegeven paspennen. In het laboratorium werd de gehele bevestigingsbuis na het samenstellen afgegoten met zuurvrije vaseline. Daar ook deze bevestigingskonstruktie werd gemaakt van normaal staal, was de afwerking en de montage op de schuif zoals aangegeven voor de behuizingen van de versnellingsopnemers op de schuiven (paragraaf 3.4.2).

Als ooit de snelheidsmeter gedemonteerd moet worden, moet de connector afgedekt worden met de bij WL aanwezige blindflens.

#### 3.4.6 Bevestiging rekstroken

Op 11 vakwerkstaven van schuif S13 werden langs de omtrek (zie figuur 3.1-2a), 4 rekstroken gelijkijd met X-60; leverancier Hottinger. Ter plaatse van de rekstroken werd vóóraf de conservering over een ruim oppervlak verwijderd en het staaloppervlak geprepareerd. Na het aanbrengen van de rekstroken werd over het geheel en met overlap over de conservering coating type EC 1706, fabrikaat 3M aangebracht. Ter verdere afwerking werd een laag synthetische rubbercompound, fabrikaat PRC, aangebracht met daarover heen weer een laag coating EC 1706. Per meetdoorsnede werden de rekstroken samengesteld tot een complete brug van Wheatstone. Zodoende ontstonden de rekstrookbruggen R1 (foto 3) tot en met R11 elk met een brugweerstand van  $700 \Omega$ .

Op beide zijaanslagen van schuif R21 werden 8 rekstroken aangebracht en wel 4 om de  $90^\circ$  op elke binnenpijp (figuur 3.1-6) tussen het rubber en de eindplaat. De rekstroken werden afgewerkt als boven omschreven. Per binnenpijp ontstond

zodoende een complete rekstrookbrug van 700  $\Omega$ . Door per zijaanslag de rekstrookbruggen van de twee binnenpijpen parallel te schakelen werd per zijaanslag een rekstrookbrug van 350  $\Omega$  gevormd, respectievelijk R16 (foto 10) en R17.

#### 3.4.7 Behuizing verplaatsingsopnemers

Voor de verplaatsingsopnemers L1 en L2 op schuif R21, moest een behuizing met een solide geleidingskonstruktie worden gemaakt, waarbij een looprol in contact moest blijven met de buffergeleiding in de schuifspinning. In verband met de kans op corrosie als gevolg van de verschillende, niet optimaal corrosiebestendige materialen van de verplaatsingsopnemer en in verband met te verwachten problemen met de waterverplaatsing in de opnemer, werd besloten de behuizing waterdicht uit te voeren.

Er konden hierdoor echter drukverschillen tussen binnen- en buitenzijde worden verwacht. Deze werden opgevangen met behulp van een drukcompensator. Zodoende ontstond de konstruktie, zoals is weergegeven op TNO-tekening en stuklijst 84050/00080 (figuur 3.4-10). De plugverbinding van de meetkabel werd met behulp van een krimpkous om het uit de behuizing stekende deel van de verplaatsingsopnemer waterdicht afgewerkt. Het drukcompensatievat werd, omdat dit van normaal staal was gemaakt, van binnen en van buiten geconserveerd volgens de voorschriften in Spec 3.4. De overgangen tussen het drukcompensatievat en de RVS delen werden nog extra afgeschermd met Polysulfide kit.

Vóór het plaatsen van de schuif in de kering werd de geleiderol gedemonteerd, en werd de verplaatsingsopnemer in de ingetrokken stand gefixeerd met behulp van een draadeind en moeren. Na het plaatsen van de schuif werd de normale situatie hersteld. Een oploopschoen op de kop van de pijler zorgt er voor dat de verplaatsingsopnemer niet kan beschadigen als de geleiderol boven de buffergeleiding in de schuifspinning uitkomt (figuur 3.4-11 en foto 10). Vanzelfsprekend kunnen met de schuif in een dergelijke hoge positie geen verplaatsingen worden gemeten, maar dit is ook niet vereist.

#### 3.4.8 Bevestiging kabelelektrodes waterspiegelometers R21

De uithouders voor de bevestiging van de kabelelektrodes W1 t/m W8 werden conform de TNO-tekeningen 84050/00070 t/m 00075 (figuur 3.4-12a t/m 3.4-12f) door de fabrikant van de schuiven gemaakt en gemonteerd. De conservering van deze normaal stalen delen werd op dezelfde wijze uitgevoerd als de conservering van de schuif. De kabelsteunen halverwege de 12 meter lange kabels W1, W4, W7 en W8 en alle halfronde golfklapbrekers tegen de onderkant van de uithouders werden door het Produktcentrum TNO gemaakt van de kunststof delrin (foto 8). Deze delen werden tijdens het monteren van de kabelelektrodes door WL aangebracht met behulp van roestvaststalen bouten.

Bij de montage werd eerst de elektrode-kop in de bovenste uithouder geschroefd. De dikte van de Klingerit pakking (zie Spec. 3.3-7a) werd daarbij zodanig gekozen, dat de meetkabel in een zodanige richting wees, dat het deel van de kabel dat niet bevestigd kon worden zo klein mogelijk was. Vervolgens werd het eindgewicht van de kabelelektrode met behulp van roestvaststalen scharnierende oogbouten bevestigd aan de onderste uithouder. Het gewicht werd daartoe speciaal voorzien van een M10 schroefdraadaansluiting. Tijdens het vastzetten van de bouten werd de meetkabel licht voorgespannen (50 à 100N). Nadat in het najaar van 1986, vermoedelijk door drijfhout 4 kabelelektrodes (W5 t/m W8) werden beschadigd (zie paragraaf 3.12) werden deze kabelelektrodes gemodificeerd. De modificatie hield onder andere in: het verbeteren van de bevestiging van de kabel in de kop en in het gewicht en het vervangen van het verzinkt stalen inschroefstuk door een RVS 316 inschroefstuk. Bovendien werd de bevestiging van het gewicht aan de onderste uithouder gewijzigd, zoals in figuur 3.4-13 is aangegeven.

Zodoende wordt het gewicht als het ware ingeklemd waardoor het niet kan bewegen, wat gunstiger is voor de dynamische belasting op de kabel. Door toepassing van een aantal vulringen werd weer een voorspanning van 50 à 100N ingesteld.

#### 3.4.9 Behuizing staafelektrode waterspiegelometer bovenbalk R20

Daar in verband met de kans op beschadiging de staafelektrode niet zonder meer vanuit de bovenbalk in het water kon steken, moest een solide beschermingsconstructie worden gemaakt. Omdat een eerder uitgevoerde constructie niet aan de eisen voldeed, werd deze gemodificeerd volgens TNO-tekening en stuklijst

86049/00000 (figuur 3.4-14). De staafelektrode werd aan de onderzijde en ter hoogte van de onderkant van de bovenbalk gefixeerd met behulp van kunststof wartels.

De wartel nabij de onderkant van de bovenbalk zorgt tevens voor een waterdichte afsluiting van de door de vloer van de bovenbalk stekende bus. Hiermee werd bereikt, dat alleen het onder de bovenbalk uitstekende deel van de staafelektrode actief is. Zoals uit de tekening blijkt is de bevestiging van de bus in de vooraf in het beton gestorte buitenbehuizing zodanig, dat zowel aan de onderzijde (via klemring pos 12) als aan de bovenzijde een oplegging ontstaat. Onder de bevestigingsbouten (pos 12) zijn schotelveren aangebracht, teneinde de boutkracht in te kunnen stellen op circa 3000 N. Daarmee wordt bereikt, dat verschillende lassen niet onnodig hoog worden belast, terwijl de boutkracht ruimschoots voldoende is om verticale belastingen op te nemen. De verticale belastingen worden veroorzaakt door de waterdruk tegen de onderzijde van de behuizing en door dwarsbelasting op de conische klemring (pos 12).

#### 3.4.10 Voorzieningen ten behoeve van akoestische metingen

Het is mogelijk, dat er in de toekomst akoestische metingen ter bepaling van de compressibiliteit van het water uitgevoerd zullen worden, ten behoeve van meetcampagne 3A. Daarom werden voor de door WL ontwikkelde akoestische meetapparatuur [8] reeds enige bevestigingsvoorzieningen aangebracht op schuif R21 (zie figuur 3.1-3).

Op de plaatsen aangeduid met G1, werden schetsplaten aangebracht, om daar tussen een vonkenbrug met hydrofoons en toebehoren aan te kunnen brengen. In het bovenste horizontale plaatveld van de zuidelijk eindkoker werden 4 boutgaten voor het bevestigen van de stuuerelectronica aangebracht, en in het middelste horizontale plaatveld 4 boutgaten voor de bevestiging van de hoogspanningselectronica.

### 3.5 Bekabeling

#### 3.5.1 Algemeen

De bekabeling werd in opdracht van Directie Bruggen uitgevoerd door Verburg Holland B.V. te Colijnsplaat; overigens wel in overleg met onder andere WL. In dit rapport wordt alleen een globale beschrijving van de bekabeling gegeven; voor details wordt verwezen naar onder andere het E-bestek BR 664 [15] en de tekeningen van de firma Verburg. Voor de kabels aansluitend op de meetopnemers werd gebruik gemaakt van: 1-quadskabel (4-aderig afgeschermd kabel; aderdoorsnede  $1 \text{ mm}^2$ ) 16-quadskabel (16-voudige 4-aderig afgeschermd kabel; aderdoorsnede  $1 \text{ mm}^2$ ) en 36-paar kabel (36-voudige 2-aderig afgeschermd kabel; aderdoorsnede  $0,38 \text{ mm}^2$ ), fabrikaat De Regt Special Cable. Alle in de meetkabels voorkomende verbindingen werden uitgevoerd als soldeerverbindingen. Om geen aardlussen te vormen werden de afschermingen van de meetkabels in de behuizingen van de opnemers afgeïsoleerd en alleen ter plaatse van de versterkers geaard aan de "schone" aarde (zie paragraaf 3.5.2). De lassen tussen de reeds in het laboratorium aan de opnemers gemonteerde korte stukken kabel en de kabels op de schuiven, werden uitgevoerd door WL. De uitvoering van deze lassen is als volgt: - van beide kabeleinden werd de buitenmantel over voldoende lengte verwijderd - de aders werden zodanig doorverbonden, dat de soldeerverbindingen in de lengte richting enkele centimeters ten opzichte van elkaar verschoven lagen - de soldeerverbindingen werden geïsoleerd met ongevulde krimpkousen - de mantels werden met een aparte draad doorverbonden - de afstand tussen de buitenmantels was na deze behandeling circa 200 mm - de buitenmantels werden na ontvetten over voldoende lengte ingesmeerd met coating EC 1706 fabrikaat 3 M - over de las werd een lengte van 300 mm Ampsulation gevulde krimpkous nr. 603210 - 1, fabrikaat AMP gekrompen - als eindafwerking werd over het geheel een lengte van 500 mm Insultite Kynar gevulde krimpkous nummer 011910 fabrikaat ECCE gekrompen.

De uitvoering van de kabellassen werd vooraf in het laboratorium uitgebreid onderzocht.

Het samenstellen van de rekstrookbruggen, het aansluiten op de meetkabels en het waterdicht afwerken werd door TNP-Iweco uitgevoerd volgens een door TNO-Iweco ontwikkelde methode, welke speciaal geschikt is voor de verbinding van 4 kabels met één kabel. Daarbij wordt de gehele las in een kunststofpijp geschoven en afgegoten met Barnicol Al50, fabrikaat Draka.

### 3.5.2 Kabelloop schuif S13

Vanaf de 28 opnemers op schuif S13 lopen 28 1-quadkabels naar de doorverbindingskast op de zuidelijke eindkoker. Vanaf deze doorverbindingskast lopen via een kabelketting (foto 4) 2 16-quadkabels naar de doorverbindingskast op pijler S13 en vandaar eveneens 2 16-quads kabels naar de meetversterkerkast (MVK zie foto 5) in de verkeerskoker S12, noord-zijde (zie figuur 2.3-3 en 3.5-1).

De doorverbindingskasten op de schuif en de pijler zijn afgegoten met Gella 4441, fabriekaat 3 M. Op de klemmenstrook van de binnenkomende kabels in de MVK zijn alle aders tegen overspanning beveiligd met lijnbeveiligingsmodulen type 70031/LBSC-18V-MB, fabriekaat Static-Care (zie Spec 3.5-1a t/m 3.5-1c). De verbinding tussen de meetversterkerkast en de konditiebewakingscontainer (KBC) in de verkeerskoker S08 wordt gevormd door een 36-paar kabel voor de analoge meetsignalen, een tweede 36-paar kabel voor de sturing en controle van de versterkers en een 35 mm<sup>2</sup>, afgeschermd "schone" aardekabel.

De schone aarde is aangebracht bij de pijler S09 en is speciaal bedoeld voor meetapparatuur. De 36-paar kabel voor de analoge meetsignalen, is bij binnenkomst in de KBC in verkeerskoker S08 voorzien van overspanningsbeveiligingen. De 36-paar kabel voor de sturing en controle van de versterkers is aan beide einden voorzien van overspanningsbeveiligingen. De common (versterker aarde) van alle 28 meetsignalen is evenals de bijbehorende afschermmantels in de meetversterkerkast verbonden met de schone aarde. De overall afscherming van de 36-paar kabels ligt aan de veiligheids aarde (alleen in de KBC S08).

### 3.5.3 Kabelloop schuif R21

Vanaf de 50 opnemers op schuif R21 lopen 50 1-quad kabels naar de doorverbindingskast op de noordelijke eindkoker. Bovendien zijn 3 extra quadkabels aangebracht voor de eventueel in de toekomst aan te brengen akoestische meetapparatuur (ten behoeve van meetcampagne 3A). Deze 3 kabels zijn afgeïsoleerd en zeevast opgeslagen in de zuidelijke eindkoker. Van de doorverbindingskast op de noordelijke eindkoker lopen via een kabelketting 4 16-quads kabels naar de doorverbindingskast op pijler R22 en vandaar eveneens 4 16-quad kabels naar de konditiebewakingscontainer in verkeerskoker R21 (zie figuur 2.3-3 en 3.5-1). Via de doorverbindingskast op pijler R22 loopt tevens een 9-quads kabel voor metingen op schuif R22 in het kader van de Conditiebewaking Natuurrandvoor-

waarden (zie paragraaf 1.3). De doorverbindingskasten zijn afgegoten met Gella 4441. Op de klemmenstrook van de binnenkomende kabels in de KBC zijn alle aders beveiligd tegen overspanning. Bij de versterkers is de common van alle 50 meetsignalen verbonden met de "schone" aarde, die bij de pijler R22 is aangebracht.

#### 3.5.4 Kabelloop bovenbalk R20

Vanaf de 17 opnemers van de bovenbalk R20 lopen 17 1-quads kabels ononderbroken naar de doorverbindingskast in de bovenbalk, die is afgegoten met Gella 4441 (zie figuur 2.3-3 en 3.5-1). Van deze doorverbindingskast loopt een 36-paar kabel ononderbroken via het noordeinde van de bovenbalk en de pijler R21 naar de KBC (foto 11) in de verkeerskoker R21. In dit geval is een 36-paar kabel gebruikt in plaats van een 16-quads kabel, omdat alleen 36-paar kabel nog in voldoende mate aanwezig was, en in verband met het aantal van 17 opnemers. Via de 36-paar kabel is tevens een waterdetector aangesloten, om in het Topshuis te kunnen waarnemen, of er water in de bovenbalk staat. Bij binnenkomst in de KBC zijn alle aders weer beveiligd tegen overspanning. Bij de versterkers is de common van alle 17 meetsignalen verbonden met de schone aarde.

#### 3.5.5 Verbinding KBC S08 en KBC R21 met het Topshuis

De verbinding tussen de KBC S08 en de KBC R21 met het Topshuis wordt gevormd door een 4 aderige glasvezelkabel. Twee aders worden gebruikt en twee aders zijn reserve (zie ook figuur 2.3-1).

#### 3.6 Meetsignaal versterking

Alle drukopnemers en versnellingsopnemers zijn gebaseerd op een complete Wheatstone brug van rekstrookjes. Al deze opnemers zijn evenals de door Iweco aangebrachte rekstrookbruggen aangesloten op een brugversterker (type SC 1621, geleverd door Trans America, zie Spec. 3.6-1) van het Data Acquisitie Systeem (DAS), waarmee het signaalniveau wordt versterkt tot +/- 10Volt. Alleen de 2 brugversterkers voor de drukopnemers in het oplegblok werken met constante stroomvoeding; de overige brugversterkers met constante spanningsvoeding. De uitgangssignalen van de electromagnetische snelheidsmeter op schuif S13 (+/- 5

Volt), van de waterspiegelmeters op schuif R21 en bovenbalk R20 (0 - 5 Volt) en van de verplaatsingsopnemers op schuif R21 (circa 40 mV/mm) worden zonder verdere versterking aan het Data Acquisitie Systeem toegevoerd.

In het Data Acquisitie Systeem worden de meetsignalen vervolgens met een vooraf gekozen bemonsteringsfrequentie gedigitaliseerd.

Om te voorkomen dat frequenties in het meetsignaal die hoger zijn dan de bemonsteringsfrequentie als lage frequenties in het gedigitaliseerde signaal verschijnen (aliasing of terugvouweffect) worden de meetsignalen echter eerst gefilterd.

Afhankelijk van het type meting is gekozen voor laagdoorlaatfilters met een kantelfrequentie van 2,0 Hz, 25 Hz en 250 Hz. Boven de genoemde kantelfrequenties worden de meetsignalen verzwakt met 36 dB per oktaaf. De bemonsteringsfrequenties liggen ongeveer een factor 4 hoger dan de kantelfrequenties. De door het DAS gerealiseerde bemonsteringsfrequenties kunnen wat afwijken van de gewenste bemonsteringsfrequentie (zie par. 3.2).

### 3.7 Meetversterkerkast (MVK) in verkeerskoker S12

Om de kabellengte tussen de opnemers en de versterkers te beperken, zijn de versterkers voor de opnemers op schuif S13 ondergebracht in de meetversterkerkast (beschermingsklasse IP 55) in verkeerskoker S12 (foto 5). De meetsignalen worden via de reeds genoemde 36-paar kabel overgebracht naar de konditiebewakingscontainer in verkeerskoker S08. Indien gewenst kunnen met behulp van speciale meetsnoeren de meetsignalen in de MVK worden afgetakt om lokaal metingen uit te voeren.

In figuur 3.7-1 is de indeling van de meetversterkerkast weergegeven. De voeding van de MVK wordt ontleend aan het lokale 220V net via een stabiliserende scheidingstransformator met net-ontstorings filters. De 220 Volt aansluiting is beveiligd tegen overspanning. Voor de brugversterkers wordt deze "schone" 220 Volt omgezet in 24 Volt D.C. met batterijbuffering, zodat bij net-uitval de meetapparatuur nog enkele uren kan functioneren. De voeding voor de elektro-magnetische snelheidsmeter (schuif S13) wordt ook ontleend aan de 24 Volt DC. De "schone" 220 Volt is ook beschikbaar voor eventueel extra aan te sluiten meetapparatuur. De "vuile" 220 Volt is beschikbaar voor het aansluiten van gereedschappen, lampen en dergelijke.



De meetversterkerkast is voorzien van verwarming en interne ventilatie om constante klimaat condities te waarborgen. Een overschrijding van de gewenste temperatuur en netspanningsuitval worden gesignaleerd in het Topshuis. De batterijspanning wordt gemeten en via een reservekanaal aan het data-acquisitiesysteem toegevoegd en is als zodanig uitleesbaar in het Topshuis. Tussen de meetversterkerkast en de conditiebewakingscontainer in de S08 is een werkspreekverbinding aangelegd. Deze verbinding is ook aanwezig met het Topshuis.

### 3.8 Konditiebewakingscontainer (KBC) in verkeerskoker S08

De 28 analoge meetsignalen van schuif S13 staan in de KBC in verkeerskoker S08 ter beschikking via het monitor paneel in kast 2. Deze uitgangen worden gebruikt voor het afregelen van de versterkers en kunnen ook worden gebruikt voor het aansluiten van bijvoorbeeld recorders om lokaal metingen uit te voeren. Om de werking van de versterkers te kunnen controleren kunnen de versterkers in een aantal werkingsmodes geschakeld worden.

Deze modes zijn:

- Cal 0 De uitgangspanning wordt gemeten met kortgesloten versterker-ingang; hiermee kan de versterker-offset gemeten worden
- Cal extern Via een aanwezig calibratiemodul kunnen simulatiespanningen aan de ingang van de versterker aangeboden worden, zodat de versterking gecontroleerd kan worden.
- Data In deze mode wordt het opnemersignaal versterkt.

De versterkers kunnen via de glasvezelkabel met de MPU (Main Processing Unit) vanuit het Topshuis in de gewenste werkingsmode gezet worden.

Met een LPU (Local Processing Unit) kunnen de versterkers ook lokaal gestuurd worden. De versterkeruitgangen worden dan in de LPU ingelezen, de meetwaarden worden op een scherm weergegeven.

De versterkte analoge meetsignalen worden via multiplexers op een analoog naar digitaal converter aangesloten.

De gedigitaliseerde meetsignalen worden als een gemoduleerd lichtsignaal via de glasvezelkabel naar het Topshuis gestuurd.

Met behulp van 2 stuks achtvoudige digitaal naar analoog converters in het Topshuis kunnen van maximaal 16, met de LPU of MPU te kiezen kanalen de digitale meetwaarden voor monitoring teruggevormd worden tot analoge signalen.

De voeding van de meetapparatuur in de KBC S08 (verzorgd door Grondmechanica Delft) vindt op dezelfde wijze plaats als bij de meetversterkerkast in verkeerskoker S12.

### 3.9 Konditiebewakingscontainer (KBC) in verkeerskoker R21

In de KBC R21 (foto 11) zijn de versterkers opgesteld voor de opnemers (gebaseerd op rekstrookjes) van schuif R21 en bovenbalk R20. Dit is eveneens het geval met de eindversterkers FMC 380 van de waterspiegelmeters en de voeding van de verplaatsingsmeters van schuif R21. De 50 analoge meetsignalen van schuif R21 en de 17 analoge meetsignalen van bovenbalk R20 worden op gelijke wijze als bij KBC S08 omschreven is, verwerkt.

De voeding van de meetapparatuur in de KBC R21 (gerealiseerd door GD) vindt op dezelfde wijze plaats als in de MVK in de S12. Daar de eindversterkers FMC 380 van de waterspiegelmeters worden gevoed met 220 Volt, zijn deze niet beveiligd tegen spanningsuitval (geen batterij voeding). Ook de voeding van de verplaatsingsopnemers heeft geen batterij back-up.

### 3.10 Centrale apparatuur in het Topshuis

Via de twee glasvezel kabels komen de digitale meetsignalen van KBC S08 en KBC R21 in het Topshuis (zie ook figuur 2.3-1).

Na conversie van het optische signaal in een elektrische signaal kunnen deze signalen, bestuurd door de MPU (foto 12) op een optische schijf vastgelegd worden.

Voor een eerste verwerking van de meetsignalen is software aanwezig [6].

Als metingen of gedeelten daarvan voor verdere verwerking in aanmerking komen kan de informatie van de optische schijf overgenomen worden op een 1/2 inch magneetband. Verdere verwerking kan dan plaats vinden bij de diverse Instituten.

Voor een verdere beschrijving van de configuratie in het Topshuis wordt verwezen naar de rapportage van Grondmechanica Delft.

### 3.11 Nummering meetkanalen, gewenste meetbereiken, bemonsteringsfrequentie

In de tabellen 3.11-1, 3.11-2 en 3.11-3 zijn respectievelijk voor schuif S13, schuif R21 en bovenbalk R20 gegevens verzameld betreffende de nummering van de meetkanalen, gewenste meetbereiken en gewenste bemonsteringsfrequentie.

### 3.12 Defecten opgetreden in de meetopnemers

In de periode najaar 1986 - voorjaar 1987 zijn diverse meetopnemers op schuiven S13 en R21 defect geraakt. Het betrof de volgende opnemers:

Schuif R21 (zie figuur 3.1-3).

- 5 drukopnemers in de zuidelijk eindkoker te weten D14, D16, D20 en D22 in de onderste horizontale schotten (allen 10 barA opnemers) en D25 (4 barA opnemer) in de verticale beplating van de eindkoker nabij de onderste horizontale schotten.
- 4 waterspiegelopnemers W8, W7, W6 en W5, resp. naast beide eindkokers, ter plaatse van de uitkraging aan de zuidelijke eindkoker en in de zuidelijke eindkoker.

Schuif S13 (zie figuur 3.1-2)

- 2 rekstrookbruggen R1 en R11, resp. op een einddiagonaalstaaf in de onderste vakwerkregel en op een einddiagonaalstaaf in de bovenste vakwerkregel.

De defecten aan de drukopnemers op schuif R21 zijn in september 1986 geconstateerd; waarschijnlijk is de schade gelijktijdig ontstaan. Omdat geen uitwendige schade kon worden geconstateerd, werd in eerste instantie gedacht aan inwendige mechanische beschadiging. Er is daarom gecontroleerd of het toegepaste type opnemer aan de specificaties voor wat betreft schokbelastingen voldoet. Daartoe zijn door de fabrikant Trans America in aanwezigheid van een WL-vertegenwoordiger schokproeven uitgevoerd op enkele 10barA opnemers met een versnelling van 100g en een tijdsduur van 11 ms (standaardproeven) en tevens schokproeven met 1000g en 1 ms. Verder zijn de opnemers "doorgefloten" in een breed frekwentiegebied met een amplitude van 35 g. De geteste opnemers hebben deze proeven zonder problemen doorstaan en het type opnemer bleek daardoor zonder meer geschikt te zijn voor toepassing op de schuiven van de SVKO.

Drie van de defect geraakte opnemers zijn door de fabrikant open gezaagd en onderzocht. Geconstateerd werd dat er geen inwendige beschadigingen waren opgetreden, doch dat de goud-verbindingen tussen de armen van de brug waren verbroken, waarschijnlijk als gevolg van een te hoge elektrische stroom.

De oorzaak van deze te hoge stroom is niet duidelijk geworden. Op het moment dat de defecten geconstateerd werden, waren de opnemers nog niet aangesloten

op de meetversterkers, zodat er geen hoge stroom via de versterkers kan zijn toegevoerd. Vóór het vertrek van de schuif vanaf de werf bij de Firma Grootint zijn de opnemers doorgemeten en in orde bevonden. De defecten moeten dus daarna zijn ontstaan. Een mogelijkheid is dat door blikseminslag hoge spanningen zijn geïnduceerd. (Het feit dat de defecte opnemers vlak bij elkaar zaten is wellicht een aanwijzing in die richting.) Op de schuif zelf zijn echter geen sporen van blikseminslag gevonden. De defect geraakte drukopnemers zijn allen door 10barA opnemers van het zelfde type en merk vervangen.

De defecten aan de waterspiegelopnemers op schuif R21 zijn successievelijk ontstaan in de periode, waarin de schuiven gedeeltelijk waren neergelaten in verband met de afbouw van de kering en ten behoeve van de zandsluitingen in Tholense Gat en Krammer. In alle vier gevallen was de kabelelektrode losgetrokken uit de bevestigingskop, zodat de optredende belastingen te hoog zijn geweest. De kabelelektrodes zijn bestand tegen de optredende stroom- en golfbelastingen en het vermoeden bestaat daarom, dat de opnemers door met de stroom meegevoerde voorwerpen zijn beschadigd. Geconstateerd is dat zich bij gedeeltelijk neergelaten schuif neren kunnen voordoen in de hoeken bij de eindkokers, juist op de plaatsen waar de opnemers zijn bevestigd. In deze neren worden drijvende of zwevende voorwerpen ingevangen, die oorzaak van de beschadigingen kunnen zijn geweest. Na de beëindiging van de sluitingswerkzaamheden in de Krammer zijn de schuiven weer in de normale open stand geplaatst en zijn de defecte kabelelektrodes vervangen. De bevestiging van de kabels in de koppen is daarbij gemodificeerd (zie paragraaf 3.4.8).

De defecten aan de rekstrookbruggen op schuif S13 zijn in het voorjaar van 1987 geconstateerd tijdens een controle waarbij alle opnemers werden doorgemeten. Na het beëindigen van de werkzaamheden in de Krammer heeft TNO-IWECO de rekstrookbruggen gerepareerd.

Van beide rekstrookbruggen bleek één van de vier rekstroken defekt; deze zijn vervangen.

Bij nadere inspectie bleken de defekte rekstroken, hoewel geen uitwendige beschadiging zichtbaar was, een draadbreek te hebben.

Volgens TNO-IWECO moet de oorzaak hiervan waarschijnlijk gezocht worden in grote uitwendige krachten (b.v wrakhout dat tegen de rekstrook slaat).

In het najaar van 1987 bleek bij inspectie rekstrookbrug R11 weer defekt te zijn.

Ook deze rekstrookbrug is door TNO-IWECO gerepareerd. In een van de rekstroken zat weer een onderbreking.

De oorzaak was in dit geval duidelijk, in de coating zat een flinke deuk.

De deuk is waarschijnlijk veroorzaakt doordat bij onderhoudswerkzaamheden aan de kering een werkbakje van een kraan tegen de rekstrook is gekomen.

#### 4. Calibratiegegevens van de diverse opnemers

##### 4.1 Versnellingsopnemers

Alle 32 versnellingsopnemers werden door de fabrikant afgeleverd met een ijkcertificaat. Zoals in paragraaf 3.3.2 is vermeld werden de ijkfactoren statisch gecontroleerd met behulp van de zwaartekracht (opnemer 180° draaien) en werden 4 opnemers dynamisch gecontroleerd door TNO-Iweco met behulp van een elektromagnetische excitator. Uit deze controles bleek, dat uitgegaan kon worden van de door de fabrikant opgegeven ijkfactoren. In tabel 4.1-1 zijn alle ijkfactoren, uitgedrukt in  $\mu\text{m/m}$  per  $\text{m/s}^2$ , verzameld.

##### 4.2 Drukopnemers

Daar de ijkgegevens van de fabrikant te globaal waren, werden alle drukopnemers met behulp van een dead weight tester geijkt. De op deze wijze bepaalde ijkfactoren zijn in tabel 4.2-1, uitgedrukt in  $\mu\text{m/m}$  per bar, verzameld.

##### 4.3 Oplegblok bovenbalk R20

De gevoeligheid van de drukopnemers in het oplegblok met serienummer 191758 (K1) en serienummer 191757 (K2) is bij de voorgeschreven voedingsstroom volgens het ijkcertificaat 25 mV/MPa (zie ook hoofdstuk 5). Daar de drukopnemers waren bedoeld om via de druk in het rubber de belasting op het oplegblok te meten, werd het complete oplegblok na inbouw van de drukopnemers geijkt als functie van de belasting.

De ijking werd uitgevoerd bij Metaalindustrie De Linge in Tiel met behulp van een hydraulische vijzel. Dergelijke vijzels zijn door De Linge ook voor de stormvloedkering gemaakt. De testopstelling is weergegeven in figuur 4.3-2. De toegepaste belasting werd bepaald uit het produkt van de gemeten vijzeldruk en het gemeten dragend oppervlak van de vijzel ( $0,933 \text{ m}^2$ ). De maximale druk die kon worden toegepast was 12,5 MPa wat overeenkomt met een belasting van 11,66 MN. Na het oplegblok enkele malen te hebben voorbelast tot een vijzeldruk van 12,5 MPa, werd een ijking uitgevoerd in 5 stappen tot een druk van 12MPa waarbij de uitgangsspanning van beide drukopnemers werd gemeten.

Daar de meetresultaten van beide opnemers binnen de meetnauwkeurigheid gelijk waren, zijn deze in één grafiek in figuur 4.3-1 weergegeven. De knik in het begin van de grafiek moet waarschijnlijk worden geweten aan het niet goed aan-

liggen van de contactvlakken tussen oplegblok en belastingsframe bij lage belasting (zie figuur 4.3-2). Overigens worden de oplegblokken door het eigen gewicht van de bovenbalk voorbelast tot circa 6MN, zodat in het lineaire gedeelte wordt gemeten. Daarom wordt de gemiddelde helling van het overige deel van de grafiek gehanteerd als de ijkfactor; dus 50mV/MN. Dit komt vanwege de gevoeligheid van 25mV/MPa overeen met een in het oplegblok gemeten druk van 2MPa/MN. Het oppervlak van het oplegblok is  $1,085 \times 0,85 = 0,922 \text{ m}^2$ , zodat de gemiddelde druk  $\frac{1}{0,922} = 1,08 \text{ MPa/MN}$  bedraagt. Ter plaatse van de drukopnemers in het midden van het blok wordt dus een druk gemeten, die 1,85 maal zo groot is als de gemiddelde druk. Deze verhouding is in goede overeenstemming met door Grondmechanica Delft gemeten waarden voor de drukopnemers, die in de oplegblokken van diverse dorpelbalken zijn toegepast.

#### 4.4 Elektromagnetische snelheidsmeter schuif S13

De ijking van de elektromagnetische snelheidsmeter, serie nr. 88286 werd in de ijkgoet van WL gecontroleerd, door zowel in X- en Y richting als onder een hoek van  $45^\circ$  snelheden aan te bieden tot + en - 1m/s. De ijkfactoren bleken binnen de specificaties te liggen. Daar de uitgangs-stroomsignalen (20mA per 5 m/s) door precisie weerstanden van  $250 \Omega$  worden gevoerd, zijn beide ijkfactoren 1 V per m/s.

#### 4.5 Rekstroken schuif S13

Omdat in dit geval geen ijking kon worden uitgevoerd werd de ijkfactor berekend, uitgaande van de volgende gegevens: Elasticiteitsmodulus van het buismateriaal  $E = 2,06 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ , dwarscontractie coëfficiënt 0,28 en gevoeligheidsfactor van de rekstrookjes  $K = 2,05$ . De rekstrookjes zijn zodanig in een complete brug van Wheatstone geschakeld, dat de 4 langsstrookjes in twee overstaande takken van de brug zijn geschakeld en de 4 dwarsstrookjes in de twee resterende overstaande takken (zie figuur 4.5-1).

Zodoende wordt de output van de brug evenredig met 2,56 maal de materiaalrek. Uitgaande van de normaalspanning  $\sigma$  in  $\text{N/mm}^2$ , kan de ijkfactor worden berekend met de volgende formule:  $\text{output} = \frac{\sigma}{E} \cdot \frac{K}{2} \cdot 2,56 \cdot 10^{12} \text{ } \mu\text{m/m}$

De ijkfactor bedraagt dus:

$$\frac{1}{2,06 \cdot 10^{11}} \cdot \frac{2,05}{2} \cdot 2,56 \cdot 10^{12} = 12,74 \text{ } \mu\text{m/m per N/mm}^2$$

Om de normaalkracht in de buis te bepalen, moet de gemeten normaalspanning worden vermenigvuldigd met de doorsnede van de buiswand in  $\text{mm}^2$ .

Door TNO-Iweco werd op iedere meetplaats de gemiddelde wanddikte en de diameter bepaald, zodat de doorsnede van de buiswand kon worden berekend. De op deze wijze bepaalde doorsnedes zijn verzameld in tabel 4.5-1.

#### 4.6 Zijaanslagen schuif R21

Voor het ijken van de zijaanslagen (ook wel buffers genoemd), werd op een opspanvloer bij TNO-Iweco een speciale opstelling gemaakt, die in figuur 4.6-1 is weergegeven. Met behulp van de hydraulische vijzels werden beide delen van de zijaanslagen gelijk belast (controle met krachtopnemers) tot een maximum van totaal 100 kN. Het was niet mogelijk een grotere belasting toe te passen. Behalve de output van de rekstrookbruggen werd ook de indrukking van de zijaanslagen gemeten. De meetresultaten zijn weergegeven in de figuren 4.6-2 en 4.6-3. Het alineaire verloop van de indrukking wordt veroorzaakt door het gedrag van het rubber. Bij toenemende belasting neemt de stijfheid eerst af en daarna weer toe. Het alineaire verloop van de output van de rekstrookbruggen bij lage belastingen wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de gedrongen vorm van de buffer constructie met lassen dicht bij de meetdoorsneden. De krachtsinleiding is daardoor verre van ideaal, maar er was geen beter alternatief voor het meten van de belasting op de zijaanslagen. Binnen de meetnauwkeurigheid is de output van de beide zijaanslagen gelijk. Omdat het werken met een lineair verloop van de output als functie van de belasting sterk de voorkeur verdient, werd een recht verband aangenomen, dat in figuur 4.6.4 is aangegeven.

De helling van de rechte is zodanig gekozen, dat het snijpunt van de rechte met het verlengde van het lineaire deel van de ijkgrafiek bij 1500 kN ligt. Hiermee wordt bereikt, dat de nauwkeurigheid bij grote belastingen optimaal is. Bij lage belastingen, die minder belangrijk zijn treedt een overschatting van de belasting op. De op deze wijze bepaalde ijkfactor bedraagt  $1,347 \mu\text{m/m per/kN}$ . Overigens is met behulp van figuur 4.6-4 altijd een correctie mogelijk.



#### 4.7 Verplaatsingsopnemers schuif R21

Zoals reeds is vermeld, werd de ijking van de verplaatsingsopnemers gecontroleerd door met behulp van een schuifmaat bekende verplaatsingen aan te bieden. De ijkfactoren zijn voor L1 met serie nummer 297: 40,6 mV/mm en voor L2 met serienummer 298: 39,3 mV/mm.

Zonodig kunnen de ijkfactoren op de stormvloedkering met de schuif in de hoogste stand worden gecontroleerd.

#### 4.8 Waterspiegelmeters schuif R21

Door de meetkabels in het laboratorium over bekende afstanden onder water te dompelen, werden de ijkfactoren als volgt afgesteld. W1, W4, W7 en W8: 0,4 V/m, W5 en W6: 0,667 V/m en W2 en W3 1V/m.

Zonodig kan op de stormvloedkering een controle worden uitgevoerd, door de schuif bij rustig weer op en neer te bewegen.

#### 4.9 Waterspiegelmeter bovenbalk R20

Door de electrode compleet met behuizing in het laboratorium onder water te dompelen werd de ijkfaktor van W11 afgesteld op 4V/m.

Op de stormvloedkering is een eenvoudige controle van het nulpunt en het meetbereik mogelijk, als bij laagwater de elektrode boven water komt en bij hoog water de waterspiegel tot tegen de onderzijde van de bovenbalk komt. Zonodig kan de elektrode compleet met behuizing gedemonteerd worden, en worden gecontroleerd met behulp van een vat met water in de bovenbalk.

## 5. Afregelvoorschriften

### 5.1 De meetversterkers van het DAS

De meetversterkers kunnen worden afgeregeld volgens het afregelvoorschrift van de fabrikant (Spec. 5.1-1a t/m 5.1-1f); in dit voorschrift is ook een print-layout opgenomen.

Wanneer een van de versterkers voor afregelwerkzaamheden uit het frame getrokken wordt moet vooraf de voedingsspanning uitgeschakeld worden (let op de batterij-backup).

Het uitschakelen van de voeding is noodzakelijk om defekt raken van de besturingselektronica van de versterker (de DAT-bus adapter) te voorkomen.

Wanneer de voedingsspanning weer ingeschakeld wordt, moeten met behulp van LPU (Local Processing Unit, foto 6) of de MPU (Main Processing Unit, foto 12) de versterkers weer in de gewenste werkingmode gezet worden.

### 5.2 Niveaumeters FMC 380

Van de niveaumeters op schuif R21 (W1 t/m W8) en bovenbalk R20 (W11) is het nulpunt en het meetbereik ingesteld met aangesloten opnemer.

Controle van het nulpunt en indien noodzakelijk het opnieuw inregelen hiervan is mogelijk door bij geheven schuif R21 of bij laag water in geval van de bovenbalk het nulpunt in te regelen volgens Spec. 3.3-7. Het meetbereik kan na het afregelen van het nulpunt worden gecontroleerd en/of afgeregeld door bij voldoende hoogwater de schuif te laten zakken zodat de uitgangsspanning van de niveaumeters naar hun maximale waarden gaan.

### 5.3 Overige apparatuur

Bij de overige apparatuur, de snelheidsmeter S1 op schuif S13 en de afstandmeters L1 en L2 op schuif R21 zijn geen afregelmogelijkheden. Wel dient bij beide meters de voedingsspanning de juiste waarde te hebben (eis + en - 15 Volt  $\pm$  1%)

De voedingsspanning van de snelheidsmeter wordt betrokken van het DAS in de MVK S12.

De voedingsspanning van de afstandmeters is meetbaar op de monitorconnector van het afstandmeterpaneel in KBC R21. Instelmogelijkheden bevinden zich aan de achterzijde van het betreffende paneel.

## 6. Gebruik van de LPU (Local Processing Unit)

De LPU (foto 6) is verplaatsbaar en kan in KBC S08 of KBC R21 geplaatst worden.

De LPU wordt met een bandkabel op het DAS systeem aangesloten.

De bandkabelconnector bevindt zich aan de voorzijde van het DAS systeem in kast 1 (in beide KBC's)

Als de LPU is aangesloten is bediening met de MPU (Main Processing Unit) in het Topshuis niet meer mogelijk.

De LPU wordt gebruikt voor controle- en afregelwerkzaamheden aan de meetversterkers.

De bediening van de LPU is als volgt:

- Sluit de bandkabel aan op het DAS systeem
- Schakel de LPU aan
- Breng het WL-systeemschijfje aan (bij WL aanwezig); het systeem start nu automatisch op
- Als het systeem met een terugmelding op het scherm komt C 4000 intypen, gevolgd door RETURN
- Op het scherm verschijnt een menu, waaruit gekozen kan worden.

Voor het controleren van de afregeling moet het menu als volgt worden gekozen:

- ESC 4-1: Geeft een keuze uit een lokatie en of een aantal kanalen, kies b.v. Roompot.
- ESC 1-1: Geeft de actuele versterker bezetting van de frames. De lijst kan doorlopen worden met de cursorsturing op het toetsenbord of met NEXT PAGE en LAST PAGE.
- ESC 2-3: De nu verschijnende Sample Table moet met de CURSOR DOWN toets geactiveerd worden en daarna met een RETURN bevestigd worden.
- ESC 3-1: De nu verschijnende tabel kan met de cursorsturing op ONCE/ONLY ONE AMPLIFIER gezet worden; met RETURN bevestigen.

Met de cursorsturing kan nu het gewenste kanaal en de gewenste werkingsmode van de versterker van dat kanaal gekozen worden.

Controle op de werking en/of afregelen (zie Spec. 5.1-1a t/m 5.1-1f) kan nu plaats vinden.

Aangezien de mogelijkheid bestaat dat de geïnstalleerde software gewijzigd wordt, verdient het aanbeveling bij GD te informeren of het systeemschijfje nog bruikbaar is (GD onderhoudt het DAS).

## 7. Onderhoud van het meetsysteem

Aangezien het meetsysteem op ieder moment gebruikt moet kunnen worden, dient er veel zorg besteed te worden aan periodieke controle van het systeem en aan onderhoud van meetinstrumenten en achterliggende apparatuur. Meetinstrumenten dienen - indien nodig - gereinigd te worden van aangroei en wanneer defekten optreden gerepareerd of vervangen te worden.

Voor de golfklapmetingen op de eindkoker van schuif R21 (meetcampagne 3B) geldt, dat de meetapparatuur op het niveau van de onderste hoofdligger na ca. 1 jaar (wanneer voldoende metingen zijn verricht) verplaatst moet worden naar het niveau van de middelste hoofdligger.

Het onderhoud van de opnemers op schuiven S13 en R21 en bovenbalk R20 inclusief inspectie van de bekabeling tot aan de meetversterkers, zal door personeel van WL worden verzorgd.

Het onderhoud bestaat uit een periodieke controle van meetopnemers en bekabeling tot aan de meetversterkers en een periodieke controle van de afstelling van de meetversterkers. Bij voorkeur dienen deze controles gelijktijdig met het periodiek onderhoud aan het data-acquisitiesysteem te worden uitgevoerd. Waarschijnlijk kan met één onderhoudsbeurt per jaar, voorafgaande aan het stormseizoen (b.v. in september of oktober), worden volstaan. Daarnaast kan de operator van het conditiebewakingsmeetsysteem periodiek (b.v. eens per maand) de opnemers in werking stellen om te controleren of het meetsysteem nog volledig operationeel is.

Per onderhoudsbeurt worden de volgende werkzaamheden voorzien;

- Het meten van isolatieweerstanden van meetopnemers en bekabeling.
- Het meten van nulpunten van wheatstone-brug opnemers.
- Controle van de afstelling van de meetversterkers.
- Eventueel: correctie van nulafstelling en bereikafstelling van de meetversterkers.
- Controle en eventueel bijstellen van de electronica van de waterspiegel-meters.
- Controle van voedingsvoorziening, klimaatregeling en overspanningsbeveiliging in de MVK.
- Controle van storingsmelders in MVK en bovenbalk R20.

- Visuele inspectie van opnemers en bekabeling op beschadiging en aangroeiing en zonodig reiniging van de opnemers.
- Controle van het functioneren van drukopnemers en watersnelheidsmeter op schuif S13 en van drukopnemers en waterspiegelopnemers op schuif R21 door op en neer bewegen van deze schuiven.
- Controle van het functioneren van de verplaatsingsopnemers op schuif R21 door deze met de hand te bewegen.
- Controle van het functioneren van de waterspiegelmeter onder bovenbalk R20 zowel bij hoogwater (opnemer onderwater) als bij laagwater (opnemer boven water).

Om deze werkzaamheden mogelijk te maken dient RWS de volgende faciliteiten ter beschikking te stellen, c.q. de volgende ondersteuning te bieden:

- Een kraan of lift met inspectiebakje voor inspectie van de opnemers en bekabeling op schuiven S13 en R21.
- Een ventilator om werken in bovenbalk R20 mogelijk te maken.
- Op en neer laten van de schuiven, schuifpositie uitlezing, en toelevering waterstanden.

## REFERENTIES

1. Rijkswaterstaat Deltadienst, projectgroep HISCON  
Projectplan conditiebewaking stormvloedkering, d.d. 1 mei 1983  
Rapport HISCON-M-83012
2. Rijkswaterstaat, Directie Bruggen, Pb VI  
Conditiebewaking sluitingsmiddelen  
Notitie 6-PROBU-M-83077, 15 februari 1984
3. Waterloopkundig Laboratorium  
Conditiebewaking Stormvloedkering Oosterschelde.  
Meetplan voor bovenbalk R20 en schuiven S13 en R21.  
Rapport Q298 /H326 deel I, december 1986
4. Waterloopkundig Laboratorium  
Stormvloedkering Oosterschelde.  
Vorstudie betreffende prototypemetingen in het kader van Conditiebewaking  
Staal met een gedifferentieerde opstelling van werkzaamheden en kosten.  
Nota R1975-01, mei 1984
5. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland  
Conditiebewaking Oosterscheldekering.  
Projectplan CONDITS.  
Rapport N209 H102, mei 1987
6. Rijkswaterstaat, Deltadienst, F. van der Maas  
Onderhoudsdraaiboek en operatorhandleiding HISCON 1987
7. Rijkswaterstaat, Deltadienst, F. van der Maas  
Meetverhaal HISCON, versie 3, 3 maart 1986  
Rapport HISCON-M-86009
8. Waterloopkundig Laboratorium  
Ontwikkeling van een apparaat voor compressibiliteitsmetingen in zeewater.  
Speurwerkverslag F0075, februari 1986

REFERENTIES (vervolg)

9. Waterloopkundig Laboratorium  
Nadere beschouwing golfklapbelastingen en responsie bovenbalken bij golfklappen.  
Notitie R2279, juni 1985
10. Waterloopkundig Laboratorium  
SVKO. Onderzoek trillingsgedrag schuiven en balken van de pijleroplossing met behulp van een elastisch gelijkvormig model.  
Verslag M1561, september 1981
11. Waterloopkundig Laboratorium  
SVKO. Pijleroplossing. Trillingsaspecten vakwerkschuif uitgaande van het aanstoten van de cilindrische vakwerkstaven.  
Verslag R1547, januari 1982
12. Waterloopkundig Laboratorium  
SVKO. Verticale golfbelastingen op de vakwerkschuiven. Loodrechte golfaanval.  
Verslag M1723/M1687, mei 1982
13. Waterloopkundig Laboratorium  
SVKO. Golfklappen op de eindkokers.  
Verslag M1835, februari 1982
14. Waterloopkundig Laboratorium  
SVKO. Pijleroplossing. Berekening van waterspiegelbewegingen in de eindkokers en in de sponningruimten. Berekening van botskrachten bij bewegen van de schuiven in lengterichting.  
Verslag M1648, deel III, juli 1984
15. Rijkswaterstaat, Directie Bruggen  
Konditiebewakingsmetingen SVKO. Technische werking en bedrijfsvoering van de elektrische installatie. Omschrijving behorend bij ontwerp-overeenkomst nr. BR/664.

Soort opnemer	Meet-bereik opnemer	Nummer volgens fig 3.1-2	Kanaal nummer DAS	Aanvankelijk in te stellen gevoeligheid	Bemonsterings frekwentie (Hz)
Versnellings-opnemer	+/- 5g	V1a	1-128	1V = 1 m/s <sup>2</sup>	100
	„	V1b	1-129	„	„
	„	V2a	1-130	„	„
	„	V2b	1-131	„	„
	„	V3a	1-132	„	„
	„	V3b	1-133	„	„
	„	V4	1-134	„	„
	„	V5	1-135	„	„
	„	V6	1-136	„	„
	„	V7a	1-137	1V = 5 m/s <sup>2</sup>	„
	„	V7b	1-138	„	„
	„	V8a	1-139	„	„
	„	V8b	1-140	„	„
	Drukopnemer	2,5 bar(abs)	D1	1-141	1V = 1 mwk <sup>1)</sup>
„		D2	1-142	„	„
Rekstroombrug	--	R1	1-143	1V = 15 N/mm <sup>2</sup>	100
	--	R2	1-144	„	„
	--	R3	1-145	„	„
	--	R4	1-146	„	„
	--	R5	1-147	„	„
	--	R6	1-148	„	„
	--	R7	1-149	„	„
	--	R8	1-150	„	„
	--	R9	1-151	„	„
	--	R10	1-152	„	„
	--	R11	1-153	„	„
Snelheids-meter	+/-5m/s	S1(x)	1-154	1V = 1 m/s	10
	„	S1 (y)	1-155	„	„

1) berekend met  $\rho_{\text{water}} = 1020 \text{ kg/m}^3$

Tabel 3.11-1 Meetsignalen schuif S13 (28 kanalen)



Soort opnemer	Meet-bereik opnemer	nummer volgens fig 3.1-3	Kanaal nummer DAS	Aanvankelijk in te stellen gevoeligheid	Gewenste bemonterings-frekwentie (Hz)
Versnellings-opnemer	+/- 5g	V10a	0-072	1V = 1 m/s <sup>2</sup>	100
	„	V10b	0-073	„	„
	„	V11a	0-074	„	„
	„	V11b	0-075	„	„
	„	V12a	0-076	„	„
	„	V12b	0-077	„	„
	„	V13	0-078	„	„
	„	V14	0-079	„	„
	„	V15	0-080	„	„
	+/- 50g	V17	0-081	1V = 50 m/s <sup>2</sup>	1000
	„	V19	0-082	„	„
	+/- 25g	V20a	0-083	1V = 25 m/s <sup>2</sup>	„
	„	V20b	0-084	„	„
	+/- 5g	V21	0-085	1V = 1 m/s <sup>2</sup>	100
„	V22	0-086	„	„	
Drukopnemer	2,5 bar (abs)	D1	0-087	1V = 0,2 bar	10
	„	D2	0-088	„	„
	4 bar (abs)	D3	0-089	„	„
	6 bar (abs)	D4	0-090	1V = 0,3 bar	1000
	„	D5	0-091	„	„
	„	D6	0-092	„	„
	„	D7	0-093	„	„
	„	D8	0-094	„	„
	„	D9	0-095	„	„
	2,5 bar (abs)	D10	0-096	1V = 0,2 bar	10
	„	D11	0-097	„	„
	4 bar (abs)	D12	0-098	„	„
	10 bar (abs)	D14	0-099	1V = 0,6 bar	1000
	„	D16	0-100	„	„
„	D18	0-101	„	„	

(Voor vervolg tabel 3.11-2 zie volgende bladzijde)

(vervolg)

Soort opnemer	Meet-bereik opnemer	nummer volgens fig 3.1-3	Kanaal nummer DAS	Aanvankelijk in te stellen gevoeligheid	Gewenste bemonterings-frekwentie (Hz)
	10 bar (abs)	D20	0-102	1V = 0,6 bar	1000
	,,	D22	0-103	,,	,,
	2,5 bar (abs)	D23	0-104	1V = 0,2 bar	10
	,,	D24	0-105	,,	,,
	10 bar (abs)	D25	0-106	,,	,,
	2,5 bar (abs)	D26	0-107	,,	,,
	,,	D27	0-108	,,	,,
	4 bar (abs)	D28	0-109	,,	,,
Rekstrookbrug zijaanslag	1500 kN	R16	0-110	1V = 150 kN	100
	,,	R17	0-111	,,	,,
Waterspiegel-meter	ca 12 m	W1	0-128	1V = 1,2 meter	10
	ca 4 m	W2	0-129	1V = 0,4 meter	,,
	ca 4 m	W3	0-130	1V = 0,4 meter	,,
	ca 12 m	W4	0-131	1V = 1,2 meter	,,
	ca 6 m	W5	0-132	1V = 0,6 meter	,,
	ca 6 m	W6	0-133	1V = 0,6 meter	,,
	ca 12 m	W7	0-134	1V = 1,2 meter	,,
	ca 12 m	W8	0-135	1V = 1,2 meter	,,
Verplaat-singsmeter	ca 300 mm <sup>1</sup> )	L1	0-136	1V = 25 mm	100
	ca 300 mm <sup>1</sup> )	L2	0-137	1V = 25 mm	,,

1) Bereik wordt begrensd door de behuizing

Tabel 3.11-2 Meetsignalen schuif R21 (50 kanalen)

Soort opnemer	Meet bereik opnemer	Nummer volgens fig 3.1-1	Kanaal nummer DAS	Aanvankelijk in te stellen meetbereik	Gewenste bemonsteringsfrequentie (Hz)
Versnellingsopnemer	+/-5 g	V31	0-112	1V = 2,5 m/s <sup>2</sup>	100
	„	V32	0-113	„	„
	„	V33	0-114	„	„
	„	V34	0-115	„	„
Drukopnemer	10 bar (abs)	D31	0-116	1V = 0,2 bar	1000
	„	D32	0-117	„	„
	„	D33	0-118	„	„
	„	D34	0-119	„	„
	„	D35	0-120	„	„
	„	D36	0-121	„	„
	„	D37	0-122	„	„
	„	D38	0-123	„	„
	„	D39	0-124	„	„
	„	D40	0-125	„	„
Drukopnemer oplegblok	200 bar (abs)	K1	0-126	1V = 1 MN	100
	„	K2	0-127	„	„
Waterspiegel-meter	ca 1,6 m	W11	0-140	1V = 0,25 meter	10

Tabel 3.11-3 Meetsignalen bovenbalk R20 (17 kanalen).

Lokatie	Nummer volgens fig. 3.1-1 3.1-2 3.1-3	Kanaal nummer DAS	Meetbe- reik (+/- g)	Serie- nummer fabrikant	IJkfaktor <sup>2</sup> μm/m per m/s
Schuif S13	V1a	1-128	5	26759	155,0
	V1b	1-129	5	26568	145,0
	V2a	1-130	5	26558	136,7
	V2b	1-131	5	26563	156,9
	V3a	1-132	5	26556	135,7
	V3b	1-133	5	26555	138,2
	V4	1-134	5	26553	138,1
	V5	1-135	5	26554	138,9
	V6	1-136	5	26549	145,0
	V7a	1-137	5	26551	141,6
	V7b	1-138	5	26562	147,4
	V8a	1-139	5	26564	118,7
	V8b	1-140	5	26567	148,1
Schuif R21	V10a	0-072	5	26569	144,6
	V10b	0-073	5	26552	143,5
	V11a	0-074	5	26760	156,9
	V11b	0-075	5	26547	145,1
	V12a	0-076	5	26761	145,9
	V12b	0-077	5	26762	161,1
	V13	0-078	5	26764	153,3
	V14	0-079	5	26763	157,5
	V15	0-080	5	26767	143,3
	V17	0-081	50	26611	19,00
	V19	0-082	50	26612	18,31
	V20a	0-083	25	26600	37,85
	V20b	0-084	25	26599	37,81
	V21	0-085	5	26768	152,2
V22	0-086	5	27200	140,1	
Bovenbalk R20	V31	0-112	5	27206	145,3
	V32	0-113	5	27208	150,9
	V33	0-114	5	27201	156,1
	V34	0-115	5	27207	141,8

Tabel 4.1-1 IJkfaktoren 32 versnellingsopnemers  
(nog niet gecorrigeerd voor kabelverliezen)

Lokatie	nummer volgens fig. 3.1-1 3.1-2 3.1-3	Kanaal nummer DAS	Meetbe- reik barA	Serie- nummer fabrikant	IJkfaktor $\mu\text{m/m}$ per bar
Schuif S13	D1	1-141	2,5	233282	3196
	D2	1-142	2,5	210603	3244
Schuif R21	D1	0-087	2,5	233281	3161
	D2	0-088	2,5	210577	3150
	D3	0-089	4	257796	1976
	D4	0-090	6	233507	1318
	D5	0-091	6	233522	1518
	D6	0-092	6	233525	1385
	D7	0-093	6	237817	1420
	D8	0-094	6	237819	1358
	D9	0-095	6	237828	1304
	D10	0-096	2,5	233289	3112
	D11	0-097	2,5	210602	3140
	D12	0-098	4	206512	1952
	D14	0-099	10	259431	1099
	D16	0-100	10	233497	779,5
	D18	0-101	10	233490	782,0
	D20	0-102	10	261088	1037
	D22	0-103	10	259427	1050
	D23	0-104	2,5	210581	3312
D24	0-105	2,5	210599	3127	
D25	0-106	10	261080	1079	
D26	0-107	2,5	210578	3063	
D27	0-108	2,5	233279	3279	
D28	0-109	4	206527	2011	
Bovenbalk R20	D31	0-116	10	261081	1045
	D32	0-117	10	261076	1055
	D33	0-118	10	259420	1007
	D34	0-119	10	259422	1062
	D35	0-120	10	261090	999,2
	D36	0-121	10	259430	1001
	D37	0-122	10	261079	1036
	D38	0-123	10	261071	1041
	D39	0-124	10	259424	1099
	D40	0-125	10	261074	1029

Tabel 4.2-1 IJkfaktoren 35 drukopnemers  
(nog niet gecorrigeerd voor kabelverliezen)

Meet- plaats	Buiswand doorsnede (mm <sup>2</sup> )
R1	20135
R2	20135
R3	31292
R4	30364
R5	31799
R6	74553
R7	13162
R8	18851
R9	19762
R10	73344
R11	31996

Tabel 4.5-1 Buiswanddoorsnede staven schuif S13

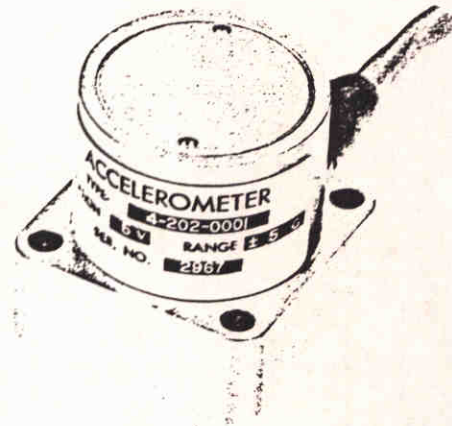
# CEC

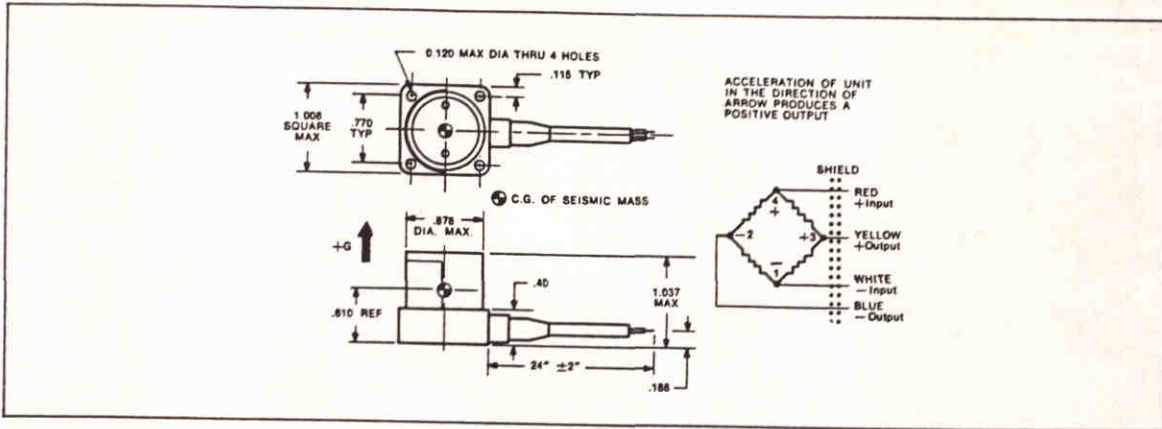
## Strain Gage Accelerometer Type 4-202-0001

- Small Size
- Wide Temperature Range
- Flexible Mounting Configuration
- Operates From  $\pm 5G$  to  $\pm 500G$

Performance characteristics of the CEC Type 4-202 Strain Gage Accelerometer is distinctly superior to any comparable instrument available today. It is one of the smallest temperature-compensated strain gage accelerometers on the market. External dimensions are approximately 1 inch cubed, and weight is 3 ounces. Designed for measuring static or dynamic accelerations perpendicular to the mounting surface, the Type 4-202 is available in ranges from  $\pm 5g$  to  $\pm 500g$ . Operable temperature range is  $-70^{\circ}F$  to  $+300^{\circ}F$ . Sensitivity to acceleration perpendicular to the sensitive axis is less than  $0.01 g/g$  with inputs of three times rated range or  $150g$  input, whichever is less. Damping is  $0.7 \pm 0.1$  of critical at  $77^{\circ}F$ . Combined linearity and hysteresis is conservatively rated at less than  $\pm 0.75\%$  of full range output.

The Type 4-202 is a linear unbonded strain gage bidirectional accelerometer with four-active-arm, spring-type sensing elements. Allowable over-acceleration — up to 20 times rated range — is achieved by incorporating mechanical stops in the instrument.





## SPECIFICATIONS Type 4-202-0001 Strain Gage Accelerometer

### Input

Acceleration Ranges:  $\pm 5g$  to  $\pm 500g$ . Standard ranges: 5, 10, 15, 25, 50, 100, 250, and 500g.

Static Over-Acceleration: No damage shall be caused by static accelerations listed below when applied along each of the three mutually perpendicular axes.

Instrument Range	Static Over Acceleration	Approximate Natural Frequency
$\pm 5g$	100g	300 Hz
$\pm 10g$	100g	400 Hz
$\pm 15g$	100g	530 Hz
$\pm 25g$	200g	650 Hz
$\pm 50g$	250g	880 Hz
$\pm 100g$	500g	1250 Hz
$\pm 250g$	500g	2000 Hz
$\pm 500g$	750g	2900 Hz

Cross Axis Sensitivity: The sensitivity to acceleration applied perpendicular to the sensitive axis shall be less than 0.01 g/g for inputs on three times rated range or 150g, whichever is less.

Rated Electrical Excitation: 5 volts dc.

Maximum Electrical Excitation: 12 volts dc or ac rms without damage.

Input Resistance: 350 ohms  $\pm 15\%$  at 77°F.

### Output (At rated excitation and 77°F.)

Full Range Output:  $\pm 20$  mV  $+25\%$ ,  $-10\%$  for  $\pm 10g$  through  $\pm 500g$  range.

$\pm 16$  mV  $+25\%$ ,  $-10\%$  for  $\pm 5g$  range.

Residual Unbalance: Within  $\pm 5\%$  of full range output (40 mV) at zero acceleration.

Linearity and Hysteresis: Combined effects of linearity and hysteresis shall not exceed  $\pm 0.75\%$  of full range output as measured from the best straight line through the calibration points, when tested within the compensated temperature range.

Damping:  $0.7 \pm 0.1$  of critical.

Output Resistance: 350 ohms  $\pm 15\%$

Resolution: Infinite.

### Environmental

#### Compensated

Temperature Range:  $-65^\circ\text{F}$  to  $+250^\circ\text{F}$

#### Operable Temperature

Range:  $-70^\circ\text{F}$  to  $+300^\circ\text{F}$

#### Thermal Zero Shift:

Within 0.01% full range output/ $^\circ\text{F}$  over the compensated temperature range

#### Thermal Coefficient

of Sensitivity: Within 0.01% full range output/ $^\circ\text{F}$  over the compensated temperature range

Linear Vibration: The instrument shall perform in accordance with specification after being exposed to linear vibration of 25g peak from 10 to 2000 Hz (limited by  $\frac{1}{2}$ " D.A.), when applied along any axis perpendicular to the sensitive axis.

Shock: Three 100g half sine wave shaped impacts in each direction of each axis with a duration of 11 milliseconds shall not cause damage.

Altitude: Any pressure altitude from 15 psia to 0 psia.

Humidity: The unit shall operate satisfactorily after exposure to the humidity test as outlined in MIL-E-5272, Procedure 1, Rev. C.

### Physical

Electrical Connection: Two (2) feet of shielded 4-conductor cable. The cable shield shall be electrically insulated from the instrument case.

Insulation Resistance: 500 megohms minimum at 45 volts dc over compensated temperature range.

Weight: Less than 3.0 ounces excluding cable.

### Ordering Information

When ordering, specify Type 4-202-0001 plus desired acceleration range.

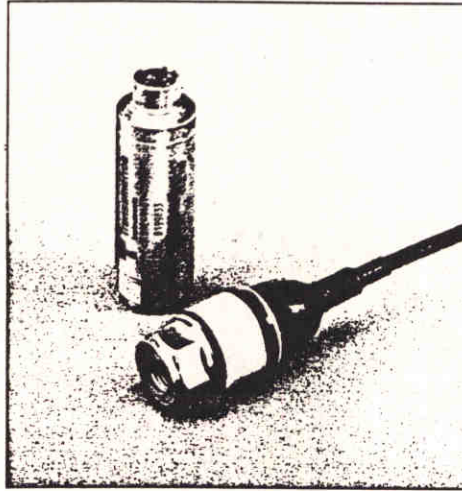
In keeping with CEC's policy of continuing product improvement, specifications may be changed without notice. Please consult our nearest Sales Office for confirmation and delivery information.

**CEC** 325 Halstead Street, Pasadena, CA 91109-7087  
(818) 351-4241



# General Purpose Pressure Transducers

The BHL-4400 and BHL-4401 cost-effective pressure transducers use advanced solid state technology to provide accurate, simple pressure measurement with high reliability.



## Types BHL-4400 BHL-4401

**Especially suited for**  
Industrial Test Measurements  
Remote Data Logging  
Industrial Control and Monitoring  
Systems

**Providing**  
Accuracy of 0.25%  
Gauge or Absolute Measurements  
Compensated Temperature Range  
54 to + 120 °C

These transducers are ideal for operational industrial test measurements, data logging, control and monitoring with all pressure media compatible with stainless steel.

Good thermal stability is ensured by the use of Transamerica Instruments own tightly controlled semiconductor diffusion process to produce the four active arm strain gauge Wheatstone bridge sensor. Glass isolation of the sensor gives high voltage insulation. Effects of extraneous loads and thermal transients are minimised by eutectic bonding to an isolating ring.

Each transducer is individually temperature compensated to provide linear temperature coefficients of zero and sensitivity shift when operated from a stable 10 V excitation.

Types BHL-4400 have a bonded boot and cable assembly and types BHL-4401 have a detachable electrical connector.

The stainless steel construction, including diaphragms in all ranges, together with the high mechanical integrity provides wide pressure media compatibility and a long operating life.

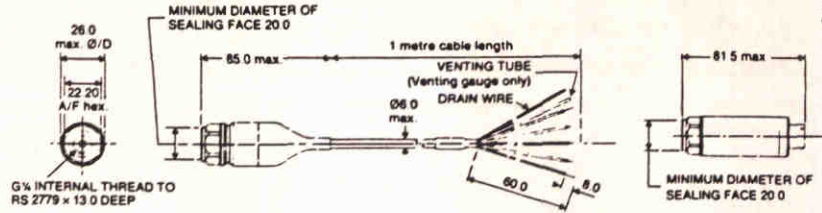
Transducers are available in the pressure ranges from 0-1 bar to 0-600 bar.

Transamerica Instruments Limited  
Lennox Road Basingstoke Hampshire RG22 4AW  
Telephone: Basingstoke (0256) 20244  
Telex: 858103 FAX: 0256 473680, Groups 2 & 3.

 **Transamerica**  
Instruments

**Types**  
**BHL-4400**  
**BHL-4401**

**BHL-4401**



All dimensions in millimetres

Function	BHL-440 Wire Colour	BHL-4401 Pin Reference
Positive Excitation	Red	A
Positive Output	Yellow	B
Negative Output	Blue	C and F
Negative Excitation	White	D and E
Case Earth	Green	

**Types**

BHL-4400-XX when fitted with integral boot and cable assembly  
BHL-4401-XX when fitted with detachable electrical connector

**INPUT**

**Pressure Ranges (DIN)**

0 to 1, 1.6, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 40, 60, 100, 160, 250, 400, 600, bar V.G. or absolute

**Over Range Pressure**

2.0 times rated range when applied for 3 minutes, will not cause a zero set exceeding 0.5% span

**Optional High Overload Protection**

For pressure ranges up to and including 250 bar, transducers can be supplied having a nominal 25 mV output (minimum 22.5 mV, maximum 28 mV) and overload protection of 5x the pressure range

**Electrical Excitation**

10 Vd.c. rated, 15 Vd.c. maximum

**Resistance**

3000  $\Omega$  nominal

**OUTPUT**

**Full Range Output (span)**

40 mV  $\pm$  5% into open circuit with 10 Vd.c. excitation at  $\pm$  25  $^{\circ}$ C

**Residual Unbalance**

0 mV  $\pm$  5% span. Set 0 bar A for absolute datum, atmospheric pressure for vented gauge transducers

**Non Linearity and Hysteresis (combined effect)**

Maximum  $\pm$  0.25% span (Best Straight Line): 4 bar and below typically  $\pm$  0.20% span (BSL)

**Resistance**

1000  $\Omega$  nominal, 1.34 k $\Omega$  maximum

**Resolution**

Continuous

**ENVIRONMENTAL**

	BHL-4400-X0 40 mV Output. BHL-4401-X0 x 2 overload protection	BHL-4400-X2 40 mV Output. BHL-4401-X2 x 2 overload protection	BHL-4400-X1 25 mV Output. BHL-4401-X1 x 5 overload protection
<b>Temperature Range</b>	-54 to +120 $^{\circ}$ C Operable -10 to +70 $^{\circ}$ C Compensated	-54 to +120 $^{\circ}$ C Operable -10 to +120 $^{\circ}$ C Compensated	-54 to +120 $^{\circ}$ C Operable -10 to +70 $^{\circ}$ C Compensated
<b>Thermal Zero Shift</b>	$\pm$ 0.03% span / $^{\circ}$ C Maximum	$\pm$ 0.03% span / $^{\circ}$ C Typical $\pm$ 0.05% $^{\circ}$ C Maximum	$\pm$ 0.05% span / $^{\circ}$ C Maximum
<b>Thermal Sensitivity Shift</b>	$\pm$ 0.015% span / $^{\circ}$ C Typical	$\pm$ 0.015% span / $^{\circ}$ C Typical	$\pm$ 0.015% span / $^{\circ}$ C Typical
<b>Steady Acceleration</b>	At a steady acceleration of 100 g the response will not exceed 0.15% span/g for 1 bar range decreasing logarithmically to 0.005% span/g for highest pressure ranges.		
<b>Vibration</b>	At 35 g peak sinusoidal vibration from 5 Hz to 2 kHz (limited by 12 mm double amplitude) the response is less than 0.08% span/g for 1 bar range decreasing logarithmically to 0.025% span/g for highest pressure range.		
<b>Ambient Pressure</b>	2 times rated range or 20 bar, whichever is less, will not cause damage.		
<b>Humidity</b>	Absolute: 100% RH. Vented gauge 95% RH.		
<b>Mechanical Shock</b>	1000 g half sine wave pulse for 1 millisecond will not cause damage.		

**PHYSICAL**

**Materials in Contact with Pressure Media**

17 — 4PH stainless steel.

**Electrical Connection**

BHL-4400-XX Integral sealed cable assembly, one metre long, terminating in tinned leads.  
BHL-4401-XX 6 pin size 10 bayonet lock connector.

**Pressure Connection**

G 1/4 inch internal thread to BS2779 compatible with R 1/4 inch to DIN 259.

**Weight**

150 g approximately, including 1 metre of cable.

**Insulation**

BHL-4400-XX Excitation and output wires and cable screen isolated from case.  
BHL-4401-XX all connections isolated from case. Insulation resistance 500 M $\Omega$  minimum at 85 Vd.c.

**Included Accessories**

Calibration record.

**Optional Accessories**

Detach electrical connector for BHL-4401-XX, P/N 499532-0006. Dowty industrial bonded seal. Screw-in stainless steel pressure fitting adaptors, or welded-in adaptors to order. Additional cable.

**ORDERING INFORMATION**

**BHL-440X-XX**

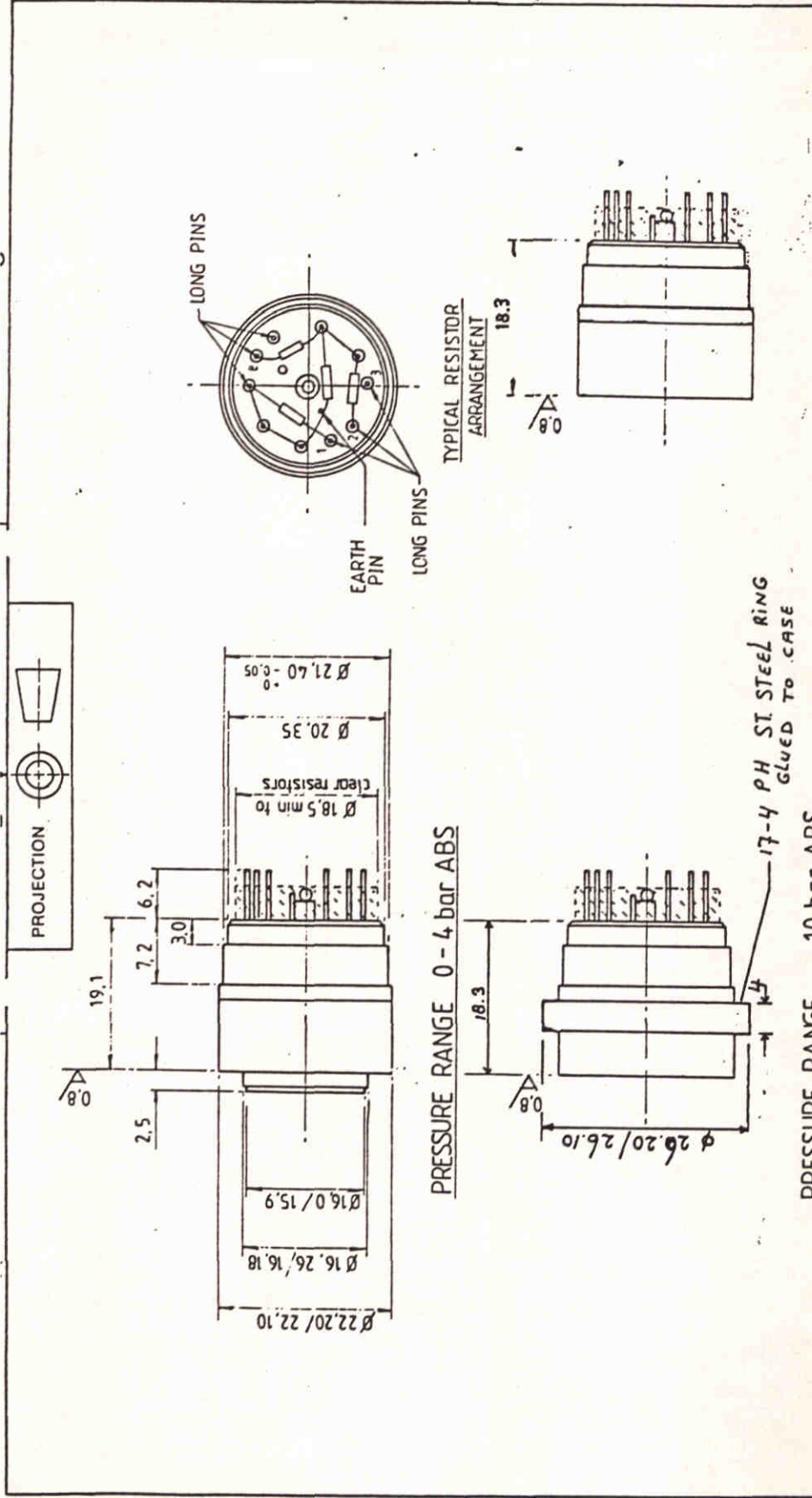
	Output mV	Over Pressure
0 —	40	x 2
1 —	25	x 5
2 —	40	x 2
3 —	25	x 5
0 —	Vented Gauge	
1 —	Absolute or Sealed Reference	
0 —	Boot and cable	
1 —	10 — 6P receptacle	

Due to a policy of continuous development we reserve the right to amend the specification without notification

England, Transamerica Instruments Ltd, Lennox Road, Basingstoke, Hampshire RG22 4AW  
France, Transamerica Instruments, 112-116 Rue Des Solets, Silic 138, 94523 Rungis Cedex.  
Italy, Transamerica Instruments S.p.A, Via Correggio 19, 20149 Milano  
Netherlands, Transamerica Instruments, Postbus 10064, 3004 AB Rotterdam  
United States of America, Transamerica DeLaval Inc., CEC Instruments Division, 325 Halstead Street, P.O. Box 7087, Pasadena, CA 91109-7087  
West Germany, Transamerica Instruments, GmbH, Gruner Weg 8, Postfach 100262, 6360 Friedberg/Hessen.

A comprehensive network of specialised representatives provide full sales and service facilities in other countries.

02/86 Printed in England



INTERCONNECTION DIAGRAM L 554721		PRESSURE RANGE 6 bar ABS	
FOR EXPLANATION OF DIMENSIONS, NOTES & SYMBOLS etc. SEE BS 306		BHL-4400-53 CSP 235L	
DO NOT SCALE		MATERIAL: CASE 17-4 PH ST. STEEL	
UNLESS OTHERWISE STATED		HEADER 304 ST. STEEL	
DIMENSIONS IN MILLIMETRES		FINISH: LIQUID HONE	
TOLERANCES		CSC INSTRUMENTATION LTD	
ANGLES 1°		TITLE: DIMENSIONAL OUTLINE	
1 DEC. PLACE ± 0.4		DRAWING - SEMICONDUCTOR	
2 DEC. PLACES ± 0.15		PRESSURE CAPSULE	
HOLES TO BS4500 J <sub>4</sub> 13		DRAWING NO	
SURFACE FINISH 1.6 μm R <sub>a</sub>		A3 BHL-4400-53	
INT. RAAS 0.8 MAX.		ISSUE	
EXT. EDGES 0.3 MAX. BREAK EDGE		5	

**Transamerica**  
Instruments

Galatheastraat 7  
3044 EC Rotterdam

Postbus 10054  
3004 AB Rotterdam

tel 010 - 437 91 33  
telex 26699

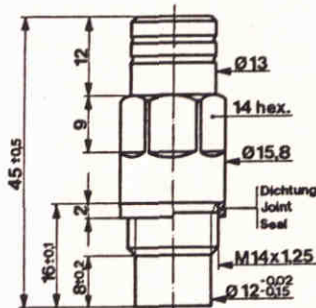
Type	4043	4045	3.031	12.78	1
------	------	------	-------	-------	---

**PIEZORESISTIVE ABSOLUTDRUCKAUFNEHMER  
CAPTEURS PIEZO-RESISTIFS DE PRESSION ABSOLUE  
PIEZORESISTIVE ABSOLUTE PRESSURE TRANSDUCERS**

Die piezoresistiven Druckaufnehmer messen statische und dynamische Absolutdrücke. Sie zeichnen sich durch eine hohe Ausgangsspannung, gute Linearität und Stabilität sowie durch kleine Abmessungen aus. Dank ihrer hohen Eigenfrequenz sind auch Messungen von kurzen Drucksitzen möglich, wie sie beispielsweise in schnellen Hydraulikventilen auftreten.

Les capteurs de pression piézo-résistifs mesurent des pressions absolues statiques et dynamiques. Ils se caractérisent par une tension de sortie élevée, une bonne linéarité et stabilité, ainsi qu'un encombrement réduit. Grâce à leur fréquence propre élevée, ils permettent aussi la mesure de pointes de pression de très courtes durées, par exemple dans des soupapes hydrauliques rapides.

Piezoresistive pressure transducers measure static and dynamic absolute pressures. They feature high output voltage, good linearity and stability as well as small dimensions. Their high natural frequency allows measuring short pressure peaks, too, such as occur in high-speed hydraulic valves.



1 : 1

**TECHNISCHE DATEN**

**DONNEES TECHNIQUES**

**TECHNICAL DATA**

Typ	Type	Type	4043/45...	A1**)	A2	A5	A10	A20	A50	A100	A200
<b>Bereich</b>	<b>Gamma</b>	<b>Range</b>	bar <sub>abs</sub>	0...1	0...2	0...5	0...10	0...20	0...50	0...100	0...200
<b>Überlast</b>	<b>Surcharge</b>	<b>Overload</b>	bar <sub>abs</sub>	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500
<b>Berstdruck</b>	<b>Pression d'éclatement</b>	<b>Burst pressure</b>	bar <sub>abs</sub>	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500
<b>Ansprechschwelle</b>	<b>Seuil de réponse</b>	<b>Threshold</b>	mbar	<0,5	<1	<2,5	<5	<10	<25	<50	<100
<b>Empfindlichkeit</b>	<b>Sensibilité</b>	<b>Sensitivity</b>	mV/bar	500	250	100	50	25	10	5	2,5 *)
<b>Eigenfrequenz</b>	<b>Fréquence propre</b>	<b>Natural frequency</b>	kHz	>14	>20	>30	>45	>70	>110	>150	>180
<b>Vollbereichsignal (FSO)</b>	<b>Signal gamme totale (FSO)</b>		mV		500 <sup>+0,5</sup> / <sub>-2,0</sub> *)						
<b>Speisung mit Konstantstrom</b>	<b>Alimentation en courant constant</b>		mA		<10 (max. 28 V)						
<b>Kalibrierstrom</b>	<b>Courant d'étalonnage</b>		mA		2 ... 5						
<b>Eingangs-/Ausgangs impedanz</b>	<b>Impédance d'entrée/de sortie</b>		kΩ		3 (nominal)						
<b>Nullpunkt</b>	<b>Zéro</b>		mV		<±20 *)						
<b>Linearität</b>	<b>Linéarité</b>		%FSO		<±0,3 **)						
<b>Hysteresis</b>	<b>Hystérésis</b>		%FSO		<0,1						
<b>Repetierbarkeit</b>	<b>Réproductibilité</b>		%FSO		<0,1						
<b>Stabilität: der Empfindlichkeit des Nullpunktes</b>	<b>Stabilité: de la sensibilité du zéro</b>		%a		<0,2						
<b>Thermische Nullpunktverschiebung</b>	<b>Décalage thermique du zéro</b>		%FSO		<0,1/d, <0,5/a						
<b>Thermische Empfindlichkeitsänderung</b>	<b>Décalage thermique de la sensibilité</b>		%FSO		<±0,5						
<b>Betriebstemperaturbereich</b>	<b>Gamme de température d'utilisation</b>		°C		-20 ... 50						
Typen 4043...	Types 4043...		°C		20 ... 120						
Typen 4045...	Types 4045...		°C		-40 / 70						
<b>Minimale/maximale Temperatur</b>	<b>Température minimale/maximale</b>		°C		0 / 140						
Typen 4043...	Types 4043...		Nm		3 ... 5						
Typen 4045...	Types 4045...		Nm		12 ... 20						
<b>Anzugsdrehmoment</b>	<b>Couple de serrage</b>		bar/g		<3 · 10 <sup>-4</sup>						
Mit Delrin-Dichtung	Avec joint en Delrin		g		1000						
Mit Kupferdichtung	Avec joint en cuivre		mm <sup>3</sup>		<0,2						
<b>Beschleunigungsfehler</b>	<b>Erreur d'accélération</b>		MΩ		>100						
<b>Stoßfestigkeit</b>	<b>Résistance au choc</b>		g		33						
<b>Volumenänderung</b>	<b>Résistance d'isolement</b>		g		18/8 steel No. 1.4301 (AISI 304)						
<b>Isolationswiderstand</b>	<b>Poids</b>		g		Armco 17-4 PH						
<b>Gewicht</b>	<b>Matériau: Tête et membrane</b>		g		Fischer Type S 103A054						
<b>Material:</b> Kopf und Membrane	<b>Matériau: Corps avec filet</b>		g		ISA-Standard S 37.1/1969						
<b>Material:</b> Körper mit Gewinde	<b>Prise pour fiche</b>		g								
<b>Material:</b> Anschluss für Stecker	<b>Terminologie d'après</b>		g								
<b>Material:</b> Terminologie nach			g								
*) Bei Speisung mit Kalibrierstrom			*) Alimentation par courant d'étalon.			*) With calibration current excitation					
**) 4045A1/A2: <±0,8/0,5%FSO			**) 4045A1/A2: <±0,8/0,5%FSO			**) 4045A1/A2: <±0,8/0,5%FSO					

1 bar = 10<sup>5</sup> Pa (Pascal) = 10<sup>5</sup> N · m<sup>-2</sup> = 1,0197... at = 14,503... psi; 1 in = 25,4 mm; 1 N = 0,22480... lbf; 1 kg = 2,2046... lb

## BESCHREIBUNG

Der Druck wirkt über eine dünne Stahlmembrane, die dicht mit dem Aufnehmergehäuse verschweisst ist, auf eine Silizium-Messzelle. Diese Messzelle enthält diffundierte piezoresistive Widerstände, die zu einer Wheatstone-Messbrücke zusammengeschaltet sind. Durch Druckeinwirkung wird die Messbrücke verstümmt und es entsteht ein Ausgangssignal, das bei vollem Messbereich 500 mV beträgt. Die thermischen Effekte werden durch hinzugeschaltete Widerstände weitgehend kompensiert.

Für die Montage befindet sich am Aufnehmergehäuse ein Gewinde und für die elektrische Verbindung eine 5-polige Steckerkupplung, die zur Abdichtung der Steckverbindung mit einem O-Ring versehen ist.

## ANWENDUNG

Die Aufnehmer der Typenreihe 4043A... werden im üblichen Umgebungstemperaturbereich von  $-20 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$  eingesetzt, und diejenigen der Typenreihe 4045A..., die vor allem für Druckmessungen in der Verfahrenstechnik verwendet werden, sind für den Einsatz im Temperaturbereich von  $20 \dots 120 \text{ }^\circ\text{C}$  geeignet. Gemessen wird der Absolutdruck, d.h. der Druck in bezug auf Vakuum und nicht in bezug auf den gerade herrschenden atmosphärischen Druck. Die barometrischen Luftdruckschwankungen (ca.  $\pm 30 \text{ mbar}$ ) werden daher mitgemessen, was besonders in den Bereichen bis etwa 10 bar zu berücksichtigen ist.

Für Druckmessungen, die sich auf den atmosphärischen Druck beziehen, wie beispielsweise bei Füllstandsmessungen, sind die Relativ-Druckaufnehmer der Typenreihe 4053 zu verwenden. In den Messbereichen über 10 bar sind die atmosphärischen Druckschwankungen vernachlässigbar. Die Aufnehmer dieser Messbereiche können daher sowohl für Absolut- als auch für Relativmessungen eingesetzt werden.

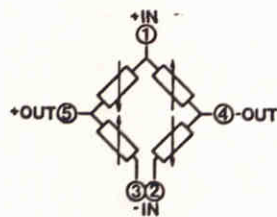
## KALIBRIERSTROM

Die Aufnehmer-Messbrücke wird durch einen Konstantstrom gespeist, dessen Größe bei der Kalibrierung im Werk bestimmt wird. Der Kalibrierstrom, der von einer Stromquelle im zugehörigen Messverstärker geliefert wird, ist derjenige Speisestrom, bei dem der Aufnehmer ein Vollbereichssignal von 500 mV abgibt. Die Einstellung des Kalibrierstromes erfolgt beim Verstärker Typ 4601 an einem Potentiometer auf der Frontplatte und beim Typ 4651 auf Europakarte durch einen auf den betreffenden Aufnehmer abgestimmten Normierstecker Typ 4951A0.

## MONTAGE

Der Aufnehmer kann direkt in eine zweckentsprechende Montagebohrung am Messobjekt eingeschraubt werden, wobei das in den technischen Daten angegebene Anzugsdrehmoment einzuhalten ist.

Siehe auch Datenblatt für Kabel:  
15.016



Aufnehmer-Messbrücke  
Pont de mesure du capteur  
Transducer bridge

## DESCRIPTION

Par l'intermédiaire d'une fine membrane en acier soudée de façon absolument étanche au boîtier du capteur, la pression agit sur une cellule de mesure en silicium. Cette cellule de mesure comporte des résistances piézo-résistives diffusées, reliées entre elles en pont de mesure Wheatstone. Lors de l'apparition d'une pression, le pont de mesure est déséquilibré et donne un signal de sortie qui atteint 500 mV pour la gamme totale. Les effets thermiques sont compensés dans une large mesure par des résistances intégrées au circuit.

Pour en faciliter le montage, le capteur est muni d'un filetage, et d'un connecteur à 5 broches, équipé d'un joint torique pour en assurer l'étanchéité.

## APPLICATION

Les capteurs de la série du type 4043A... sont mis en oeuvre dans la plage des températures ambiantes usuelles de  $-20 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$ , alors que ceux de la série du type 4045A..., qui sont essentiellement utilisés pour les mesures de pression dans la technique des procédés, sont compensés pour des températures de  $20 \dots 120 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ces capteurs mesurent la pression absolue, c'est-à-dire que la référence est le vide absolu et non la pression atmosphérique ambiante du moment. Les variations de la pression barométrique (environ  $\pm 30 \text{ mbar}$ ) sont donc incluses dans la mesure et doivent être prises en considération dans les gammes de pression jusqu'à 10 bar.

Les mesures de pression par rapport à la pression atmosphérique, comme dans le cas de mesures du niveau de remplissage, s'effectueront au moyen de capteurs de pression relative de la série du type 4053. Dans les gammes de pressions supérieures à 10 bar, les variations de la pression atmosphérique pourront être négligées. Les capteurs correspondant à ces gammes peuvent donc être utilisés aussi bien pour les mesures absolues que pour les mesures relatives.

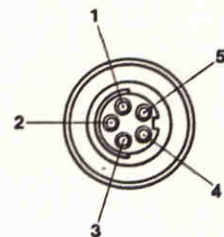
## COURANT D'ETALONNAGE

Le pont de mesure du capteur est alimenté par un courant constant dont l'intensité est déterminée en usine lors de l'étalonnage. Le courant d'étalonnage, qui est fourni par une source de courant logée dans l'amplificateur de mesure correspondant, est le courant pour lequel le capteur engendre un signal gamme totale de 500 mV. Le réglage du courant d'étalonnage s'effectue pour l'amplificateur type 4601 à l'aide d'un potentiomètre au panneau frontal et pour l'amplificateur type 4651 sur carte Europe à l'aide d'une fiche normalisante type 4951A0 accordée au capteur utilisé.

## MONTAGE

Le capteur peut être vissé directement dans un taraudage prévu à cet effet dans l'objet soumis à mesure. Il y a toutefois lieu de tenir compte du couple de serrage indiqué au tableau des données techniques.

Voir aussi la notice technique suivante:  
Câble 15.016



Steckbild  
Prise  
Plug

## DESCRIPTION

The pressure acts through a thin steel diaphragm, welded to form a tight seal with the transducer housing, onto a silicon measuring cell. The measuring cell contains diffused piezoresistive resistors connected into a Wheatstone bridge. Through the effect of pressure the bridge is unbalanced, and an output signal results amounting to 500 mV at full measuring range. The thermal effects are largely compensated by connecting further resistors.

The transducer housing is threaded for fitting, while electrical connection is made with a 5-pole plug which has an O-ring for sealing.

## APPLICATION

Transducers of the 4043A... type series are employed in the usual ambient temperature range of  $-20 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$ , while those of the 4045A... type series — used primarily for pressure measurements in process engineering — are suited for duties in the temperature range  $20 \dots 120 \text{ }^\circ\text{C}$ . The absolute pressure is measured, i.e. the pressure referred to vacuum and not to the prevailing atmospheric pressure. The barometric pressure variations (approx.  $\pm 30 \text{ mbar}$ ) are therefore measured as well, and this must be taken into account, especially in the ranges up to about 10 bar.

For pressure measurements related to atmospheric pressure, as for example filling level measurements, relative pressure transducers of the 4053 type series must be used. In the measuring ranges above 10 bar the atmospheric pressure variations are negligible. Transducers for these ranges may therefore be used both for absolute and relative measurements.

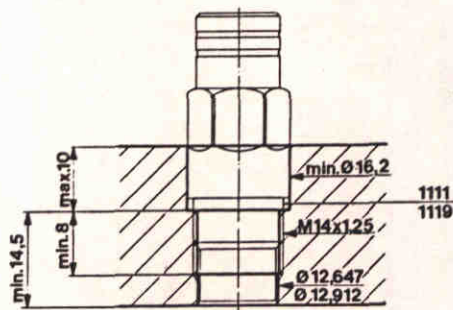
## CALIBRATION CURRENT

The transducer bridge is excited with a constant current, of an amperage which is determined at the works calibration. The calibration current, which is supplied by a current source in the associated measuring amplifier, is the excitation current at which the transducer has a full scale output of 500 mV. On the amplifier Type 4601 the calibration current is dialled on a potentiometer on the front panel, on the 4651 type on Euro-Card with a standardizing plug Type 4951A0 matched to the particular transducer.

## INSTALLATION

The transducer can be screwed straight into a suitable mounting bore in the object under test, observing the tightening torque specified in the technical data.

See also data sheet for:  
Cable 15.016



Montagebohrung  
Taraudage de montage  
Mounting bore

The "Probe system" technical information folder comprises:

- 0. General
- 1. Probe
  - 1.1 Sensors
    - 1.1.1 Temperature sensor
    - 1.1.2 Pressure sensor
    - 1.1.3 Current sensor
    - 1.1.4 Turbidity sensor
    - 1.1.5 Light sensor
    - 1.1.6 Conductivity sensor
    - 1.1.7 Oxygen sensor
    - 1.1.8 pH sensor
    - 1.1.9 pCl sensor
    - 1.1.10 Redox potential sensor
  - 1.2 Base electronics
    - 1.2.1 Base electronics for individual sensor
    - 1.2.2 Base electronics for systems
- 2. Transport of data and energy
- 3. Central station
- 4. Equipment carrier
- 5. Accessories
- 6. Applications, references

**NORDDEUTSCHE SEEKABELWERKE AKTIENGESELLSCHAFT**

2890 Nordenham 1 · P.O.Box 80 and 83 · Telephone: (047 31) 821 · Telex: 238 315 nsw d · Telegr.: Kabelwerke Nordenham

03 03 7.78

Spec 3.3-4a



Probe system

### 1.1.3 Current sensor

High linearity, zero stability and long term stability.

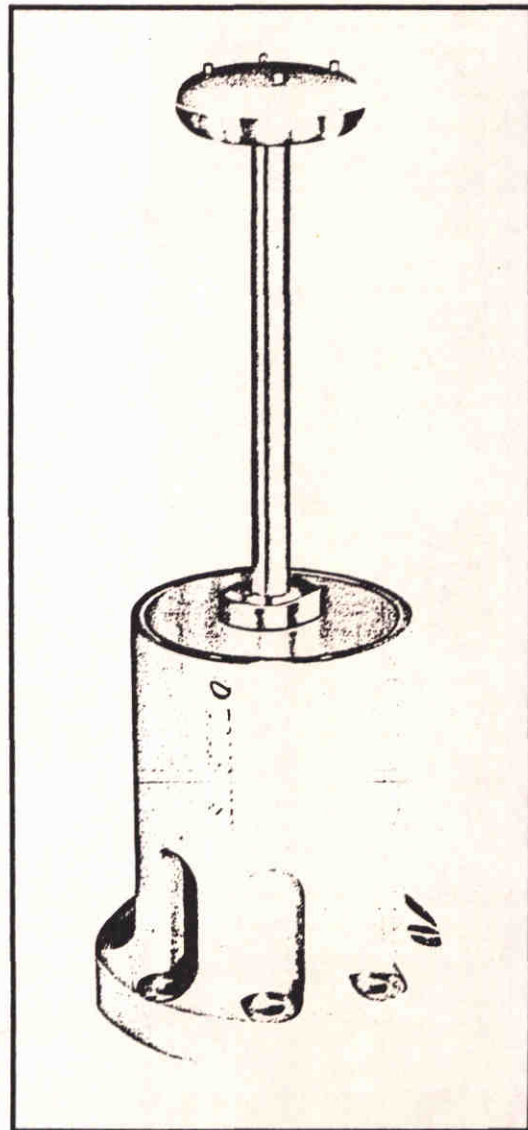
High resistance to interference from potential between water and power supply.

Accurate measurements, even of flows varying as a function of time, up to 10 Hz.

Low power consumption.

Simple signal transfer with cables over long distances.

Data output as component or vector display as requested.



The current sensor is ideal for measuring currents in coastal areas, in rivers and streams and in test installations. It is also possible to use it in model scale tests for hydraulic engineering and in seas with a low velocity of flow. The current sensor is generally supplied with a plug flange for connection to the NSW probe system.

For separate applications a special version can also be supplied with a fixed cable inlet and an own display and supply unit.

The current sensor operates on the magneto-hydrodynamic principle. The current induces a voltage proportional to it between two electrodes in an electromagnetic field. The x and y components of the current are measured in the plane produced by the arrangement of two pairs of electrodes with their axis at right angles.

Misrepresentation of the data due to polarisation of the electrodes is avoided by periodic inversion of the direction of the electromagnetic field.

Technical Data:

	Type N	Type S
Measuring range for x and y components	-1...+1 m/s *)	-5...+5 m/s *)
Zero point error	± 0,01 m/s	± 0,03 m/s
Accuracy	1 % full scale	1 % full scale
Angle error between x and y components	< 2°	< 2°
Sample frequency	-	40 s <sup>-1</sup>
Time constant	1 s *)	-
Depth of application	≤ 50 m	≤ 50 m
Data signal output	-5...+5 V or -20...+20 mA	-5...+5 V or -20...+20 mA
Internal resistance	< 10 Ω or > 1 MΩ	< 10 Ω or > 1 MΩ
Burden	> 10 kΩ or < 500 Ω	> 10 kΩ or < 500 Ω
Power consumption	3,8 W or ≤ 4,4 W	3,8 W or ≤ 4,4 W
Operating voltage	± 15 V ± 2 %	± 15 V ± 2 %
Weight	approx 2 kg	approx 2 kg

\*) or as required by customer



The normal design, (type N) is used for measuring currents which change slowly as a function of time. The time constant and measuring range may be specified by the customer within certain limits.

Type S is used for measuring currents which change rapidly as a function of time. Depending on the application, it may be necessary to filter the output signals.

In addition to its applications within the NSW probe system, the flow sensor can also be used as an independent measuring instrument. The following display and supply units are available for this:

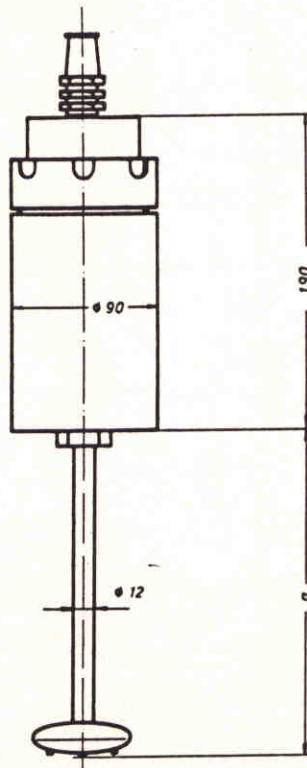
- 1) supply unit  $\pm 15$  V without display, with 2 signal outputs  $-5...+5$  V or  $-20...+20$  mA,
- 2) supply unit  $\pm 15$  V with 2 digital displays and 2 signal outputs  $-5...+5$  V or  $-20...+20$  mA.

Both units can be supplied with the following options:

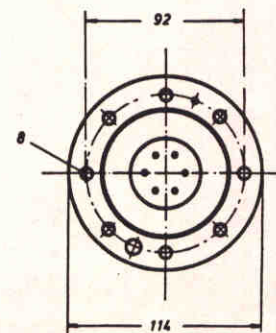
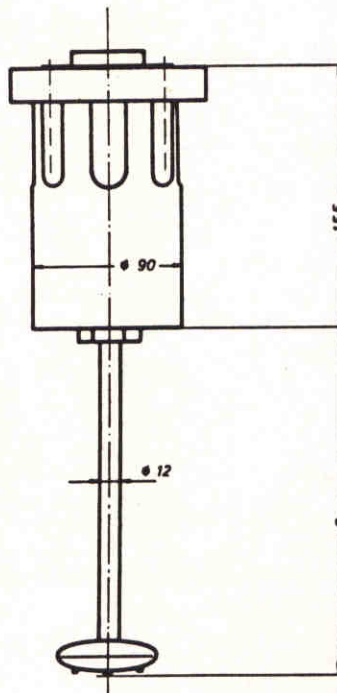
- a) value and angle output instead of x and y component,
- b) active filter in the signal lines,
- c) supply for long cable lengths.

Equipment for recording and transferring the data is available as required by the customer.

Version with fixed cable inlet

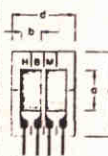
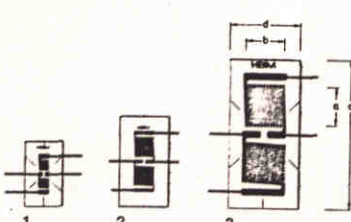


Version with plug flange



Dimensions in mm

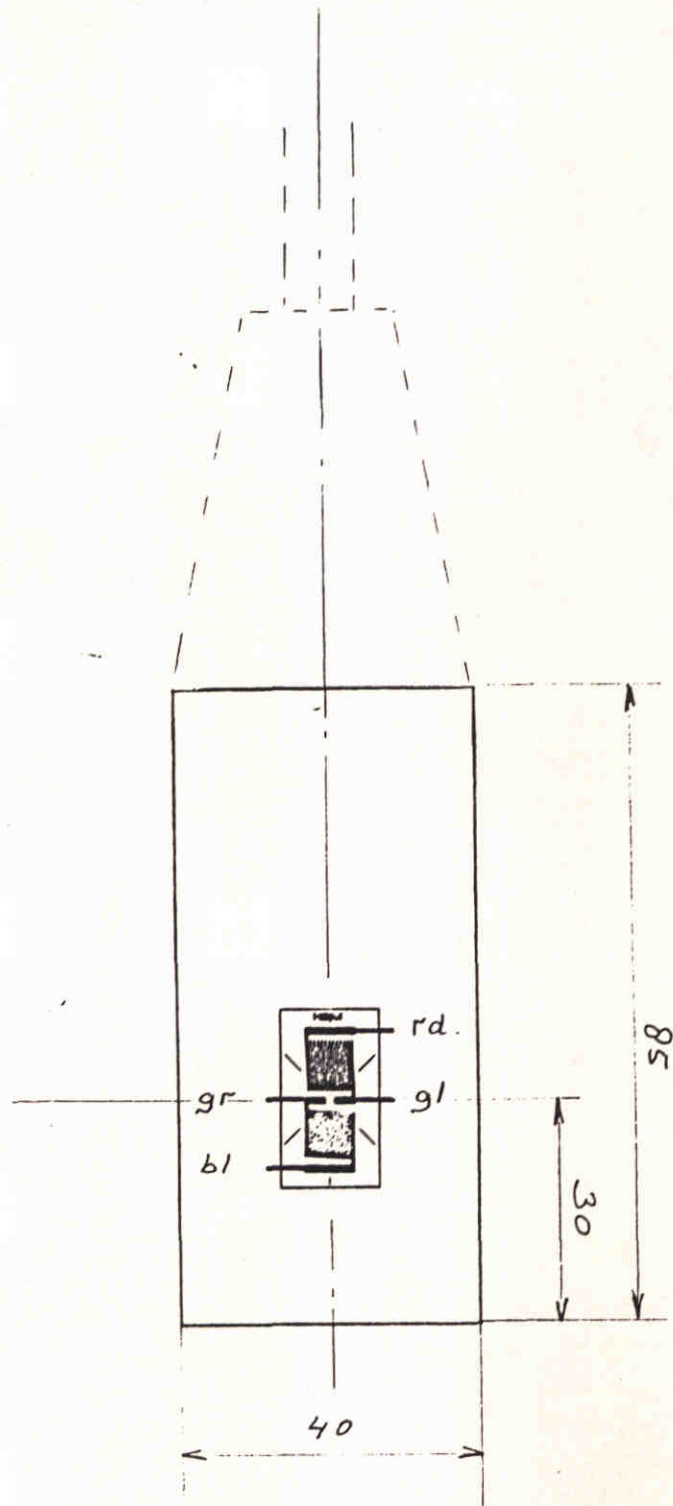
## mit 2 Meßgittern

Typenreihe	Abbildungen in natürlicher Größe	Typ	Nennwiderstand [Ω]	Abmessungen [mm]				Max. zul. effektive Brückenspeisesp. [V]	Inhalt je Packung [Stück]	Abbildung																											
				Meßgitter		Meßgitterträger																															
				a	b	c	d																														
 <p><b>DY 11</b> Doppel-DMS Temperaturgang angepaßt an Stahl mit <math>\alpha = 11 \cdot 10^{-6}/K</math></p>	<p>6/350 DY 11</p>	350	6	3.2	12.5	9.4	15	5	1																												
 <p><b>XY 11</b> Temperaturgang angepaßt an Stahl mit <math>\alpha = 11 \cdot 10^{-6}/K</math></p>	<p>1.5/120 XY 11 3/120 XY 11* 6/120 XY 11* 3/350 XY 11 6/350 XY 11</p>	120	1.5	1.6	10.3	5.7	3	5	1																												
										<p><b>XY 13</b> Temperaturgang angepaßt an Aluminium mit <math>\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K</math></p>	<p>1.5/120 XY 13 3/120 XY 13 6/120 XY 13</p>	120	1.5	1.6	10.3	5.7	3	5	1																		
																				<p><b>XY 21</b> Temperaturgang angepaßt an Stahl mit <math>\alpha = 11 \cdot 10^{-6}/K</math></p>	<p>1.5/120 XY 21 3/120 XY 21 6/120 XY 21* 6/350 XY 21</p>	120	1.5	2.5	7.6	6.3	3.5	5	1								
																														<p>120</p>	3	5.3	11.2	9.5	6.5	5	2
<p>350</p>	6	10	17.5	12.7	21	5	5	~3																													

\* Vorzugstyp

Geprefabiceerde rekstrook:

positie van het tweevoudige rekstrookje t.o.v. de metalen drager.



## HCD SERIES—HERMETICALLY SEALED (CONNECTOR TERMINATION)

- HERMETICALLY SEALED BY TIG AND EB WELDING
- IMPERVIOUS TO HOSTILE ENVIRONMENTS

HCD Series units are similar to the DC-D Series. Tungsten inert gas (TIG) and electron beam (EB) welding provide hermetic sealing that is free from oxidation-producing faults that may cause leakage. For this reason, HCD

Series LVDT's are impervious to dirt, water, steam spray, and most corrosives. They have been qualified at pressures up to 1000 psig (70 bars) and are suitable for numerous high-pressure applications. They are terminated with a glass-sealed, MS-type terminal connector. The connector prohibits the core from passing completely through the coil assembly. Where through-bore operation is required, see the HPD Series. HCD units have double magnetic shielding that makes them insensitive to external magnetic influences.

### GENERAL SPECIFICATIONS

Input . . . . .  $\pm 15$  V DC (nominal),  $\pm 20$  mA  
 Operating Temperature Range . . . . . 0°F to +160°F (-18°C to +70°C)  
 Survival Temperature Range . . . . . -65°F to +200°F (-55°C to +95°C)  
 Null Voltage . . . . . 0 V DC  
 Ripple . . . . . Less than 1% full scale  
 Linearity . . . . .  $\pm 0.25\%$  full range  
 Stability . . . . . 0.125% full scale

Temperature Coefficient of Scale Factor . . . . . 0.04%/°F (0.08%/°C)  
 Shock Survival . . . . . 250 g for 11 milliseconds  
 Vibration Tolerance . . . . . 10 g up to 2 kHz  
 Coil Form Material . . . . . High density, glass-filled polymer  
 Housing Material . . . . . AISI 400 series stainless steel  
 Electrical Termination . . . . . 6-pin connector  
 Output Impedance . . . . . 100 Ohms  
 Min. Load Resistance . . . . . 2000 Ohms

### PERFORMANCE SPECIFICATIONS AND DIMENSIONS

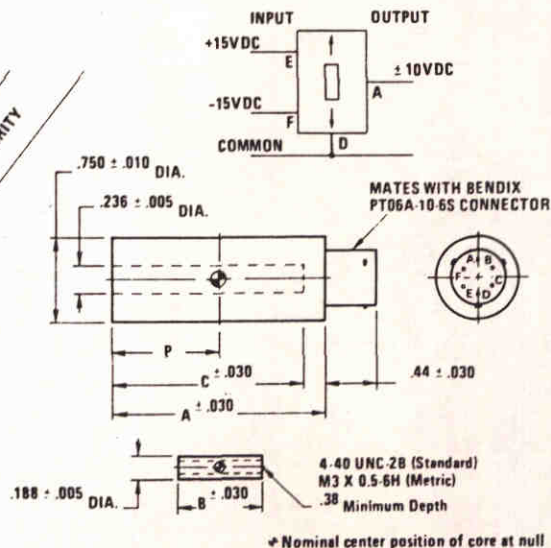
LVDT MODEL NUMBER	NOMINAL LINEAR RANGE	SCALE FACTOR	RESPONSE -3dB	WEIGHT Grams	DIMENSIONS			
					A (Body)	B (Core)	C	P
	Inches	V/Inch	Hz	Body	Inches	Inches	Inches	Inches
050 HCD	$\pm 0.050$	200	500	40 2	2.40	0.59	1.90	0.55
125 HCD	$\pm 0.125$	80	500	50 3	3.23	1.10	2.73	0.96
250 HCD	$\pm 0.250$	40	500	62 5	4.10	1.80	3.60	1.39
500 HCD	$\pm 0.500$	20	500	82 9	5.79	3.00	5.29	2.23
1000 HCD	$\pm 1.000$	10	200	120 10	8.05	3.80	7.55	3.32
2000 HCD	$\pm 2.000$	5.0	200	174 13	11.42	5.00	10.92	5.05
3000 HCD	$\pm 3.000$	3.3	200	236 14	16.62	6.20	16.10	7.59
5000 HCD	$\pm 5.000$	2.0	200	294 17	20.45	6.20	19.95	9.56
10000 HCD	$\pm 10.00$	1.0	200	526 24	34.57	12.00	34.03	16.61

### ORDERING INFORMATION

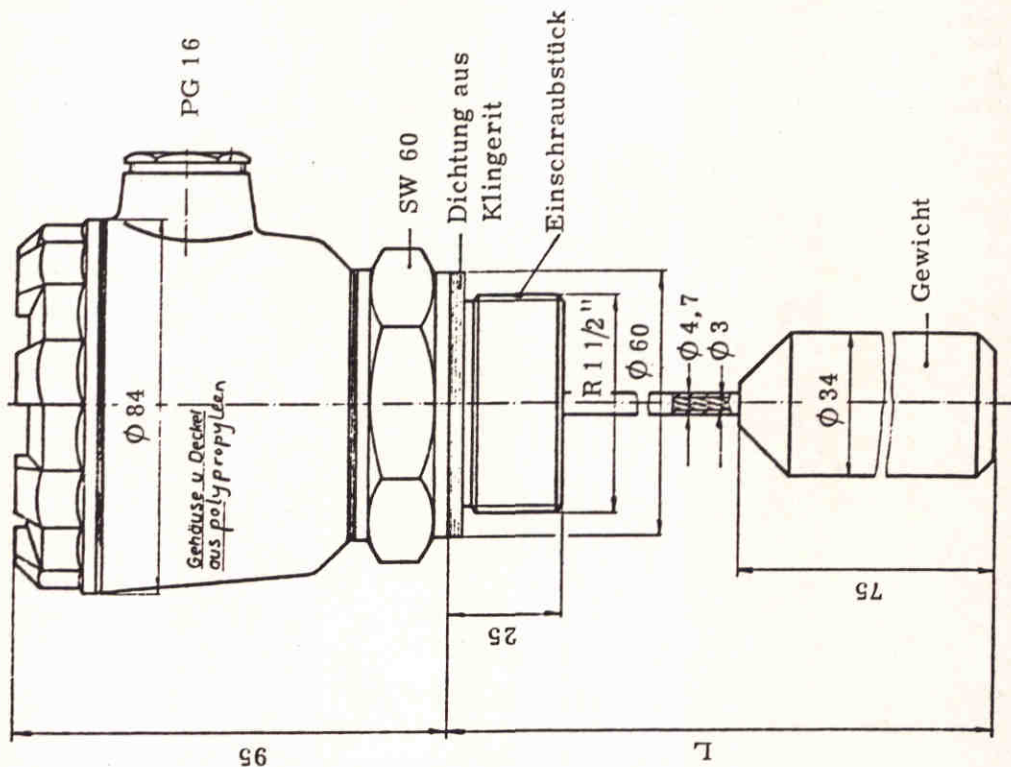
(Fold out page 32 for instructions on how to use this chart.)

OPTION NO.	006	010	020	040	080	200
MODEL NO.						
050 HCD	N	B	B	-	X	X
125 HCD	N	B	B	-	X	X
250 HCD	N	B	B	-	X	X
500 HCD	N	B	B	-	X	X
1000 HCD	N	B	B	-	X	X
2000 HCD	N	B	X	-	X	X
3000 HCD	N	B	X	-	X	X
5000 HCD	N	B	X	-	X	X
10000 HCD	N	B	X	-	X	X

Note 1: See outline drawing for metric thread size  
 Note 2: Consult factory for mass, dimensions, and thread size



SEE SCHAEVITZ SERIES 70 BULLETINS FOR COMPATIBLE SIGNAL CONDITIONING AND READOUT EQUIPMENT



Vollisolierte kleine Seilsonde 21 310

für Flüssigkeiten

Technische Daten:

Betriebsdruck max.:	50 bar	0 bar
Betriebstemperatur max.:	20°C	200°C+
Anfangskapazität:	ca. 16 pF	
Max. Sondenlänge L:	20 000 mm	
Min. Sondenlänge L:	500 mm	

MATERIAL:

Vollisolation (Seil):	FEP
Einschraubstück:	St oder 1.4571
Seil:	VZA - Draht
Gewicht:	St oder 1.4571

Bemerkungen:

Die Sonde ist nur für senkrechten Einbau geeignet.  
 Die Anfangskapazität (pF) bezieht sich nur auf die Durchführung, die Sondenlänge ist nicht berücksichtigt.  
 Gewünschte Materialien bei Bestellung bitte angeben.

St = Automatenweichstahl 9S 20 K verzinkt  
 1.4571 = rostfreier Stahl  
 FEP = Fluoräthylenpropylen

+) Elektronikeinsatz für den Sondenkopf in einem separaten Gehäuse unterbringen, wenn die Betriebstemperatur 100°C übersteigt.  
 Bei Temperaturen über 100°C Dichtungen am Gehäuse aus Klingerit anstatt Gummi.



### Application

The electronic inserts EC 11 Z and EC 72 Z are transmitters for continuous capacitance level measurement in not explosion-risk areas in conjunction with the level measuring instruments SILOMETER FMC 420, FMC 423, FMC 380, FMC 380 Z, FMC 383 or FMC 170.

GL

Application on ships is in accordance with the regulations of German Lloyd unlimited possible.

### Measuring system

The measuring system comprises the SILOMETER FMC Level Gauge, a fully insulated rod or rope probe which is fitted vertically in the vessel, and an electronic insert EC 11 Z or EC 72 Z, which is normally fitted in the probe head.

### Operating Principle

The basis of this technique lies in the physical properties of a capacitor. The capacitance of a capacitor is derived from the distance  $d$  between the electrodes, the surface area  $A$  of the electrodes and the interposing dielectric  $\epsilon$

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

The capacitor used in level measurement generally takes the form of the vessel itself and a probe which extends into the vessel. The vessel wall and the probe form the two electrodes. If the vessel is made from non-conductive material, a counter electrode must be fitted (e.g. an earth tube, second probe or metal plate). The distance between the electrodes and surface area remain constant. The only variable is the depth of material being measured, which represents the dielectric between the two electrodes. Air or vacuum has a relative dielectric constant of 1. Any other material has a higher dielectric constant. The capacitance of the capacitor therefore depends on how much material (≠ dielectric) lies between the probe and the vessel wall, i.e. how high the vessel is. This capacitance is measured by feeding a high frequency voltage at a constant frequency to the electrodes (vessel and probe). The higher the capacitance of the capacitor (high level), the greater the high frequency current flowing through the capacitor. The high frequency current is converted in the electronic insert into a frequency proportional to level, which is then used by the SILOMETER to indicate the level.

### Electronic insert for fitting in the probe head

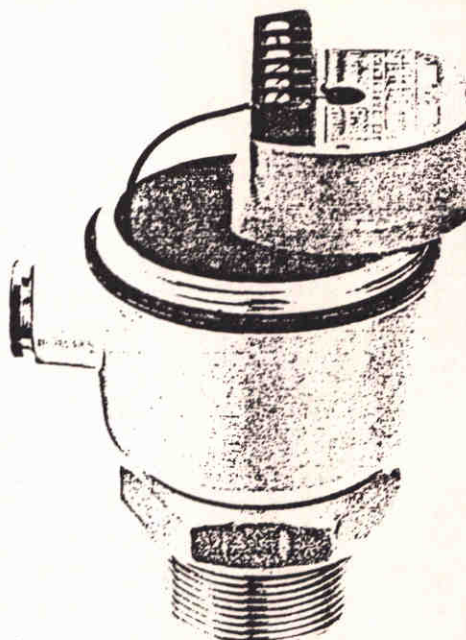


Fig. 1

### Measuring system

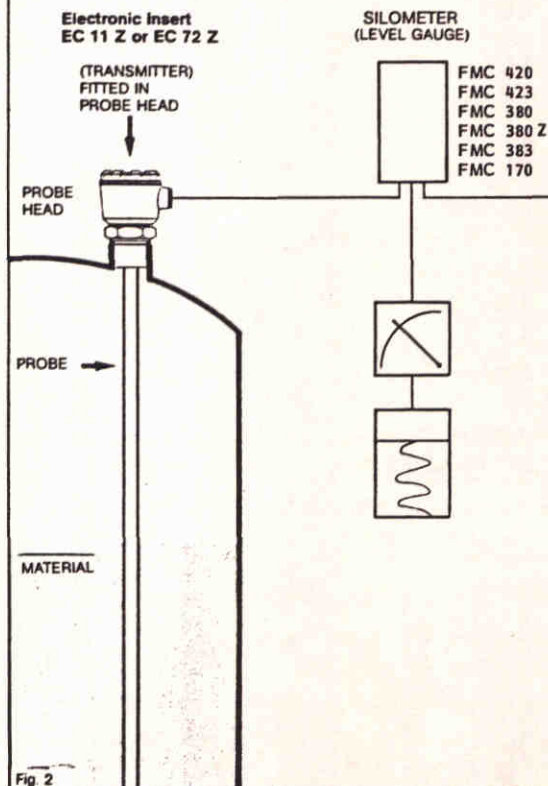


Fig. 2



## Electronic inserts EC 11 Z, EC 72 Z

E 06.79.04/2 b

### Technical Data

#### Electronic insert EC 11 Z

Housing	plastic, potted electronics
Dimensions	see figure 3
Weight	130 g
Identification colour	red
Protection type to DIN 40050	electronics IP 55 terminals IP 00
Max. adm. ambient temperature range	-20°C...+100°C
Operating frequency	33 kHz
Supply voltage	20 V from SILOMETER FMC
Output signal	0...4000 $\mu$ A ( $\pm$ 0...4000 pF)

#### Electronic insert EC 72 Z

As EC 11 Z, but

Max. adm. ambient temperature range	-20°C...+80°C see mounting instructions
Operating frequency	approx. 1 MHz
Output signal	0...2000 $\mu$ A ( $\pm$ 0...2000 pF)
Certificate for type testing by German Lloyd	No. 94358 HH (GL) 12/79

suited to unlimited application according to the regulations of German Lloyd.

#### Protection housing for electronic insert EC 11 Z, EC 72 Z

Housing	cust aluminium
Dimensions	see figure 4
Protection type to DIN 40050	IP 55
Cable entries	2 x PG 16 (compression glands)
Cable to probe	2 m coaxial cable temperature resistant to +200°C, in metal protection tubing (galvanized steel)
Capacitance of probe cable	approx. 50 pF/m
Ambient temperature of protection housing	-20°C...+80°C

Further information: See Technical Information No. 04.82.01

Weight without electronic insert 1.0 kg

Note: Dimensions in figures are in mm if not otherwise stated

Modifications to data reserved. b) 03.83

#### Electronic insert EC 11 Z, EC 72 Z

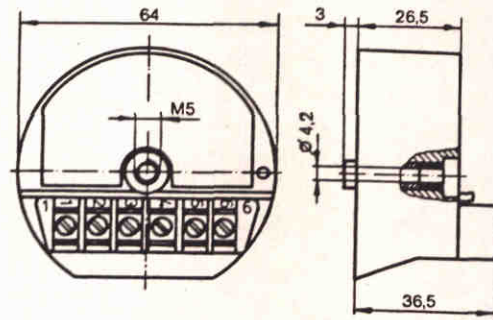
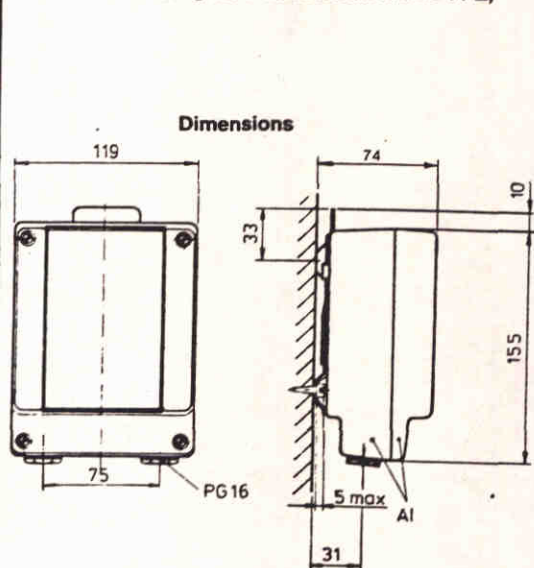


Fig 3

IDENTIFICATION COLOUR RED

#### Protection housing for electronic insert EC 11 Z,



#### Drilling template for wall mounting for the mounting plate

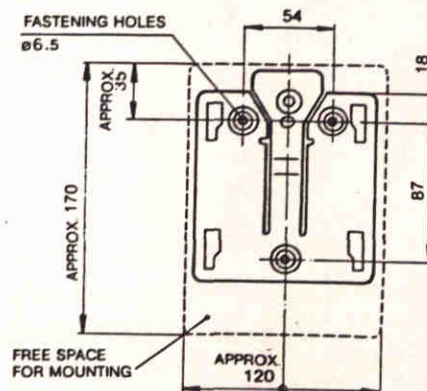


Fig 4



**EC 11 Z or EC 72 Z?**

The selection of the measuring frequency and thus the electronic insert depends on the conductivity, dielectric constant and build-up of the material, as well as the probe construction and the vessel wall material.

See figure 5 for recommended application areas.

If the EC 72 Z electronic insert is used, the counter electrode should be carefully selected:

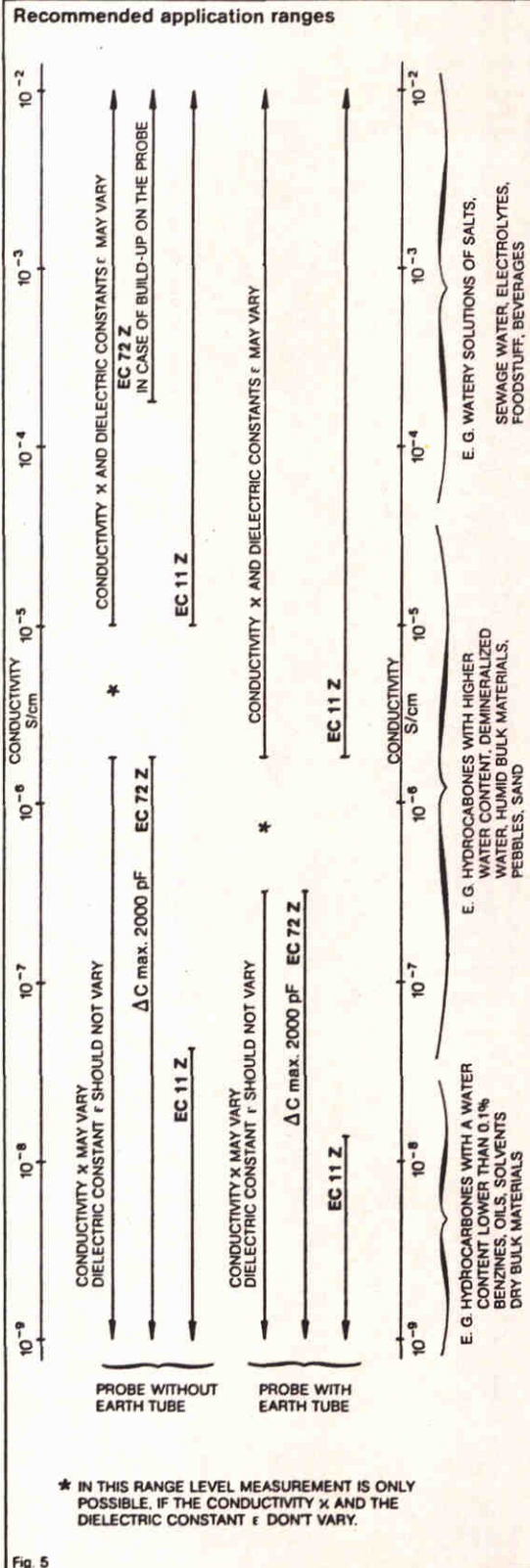
- In metal vessels ensure that there is a perfect earth connection from the probe head housing to the vessel.
- In concrete, plastic or wood containers, fit the counter electrode in the container or outside on the vessel wall and connect it with the probe head housing.
- If liquid is being measured, it is advisable to use a probe with earth tube.

**To fit the electronic insert**

Normally the red EC 11 Z electronic insert is screwed in the probe head.  
Before fitting, connect the earth connection between terminal and the probe head housing.

The operating temperature within the vessel should not exceed 100°C, provided the ambient temperature of the probe head housing is not higher than 60°C.  
If the ambient temperature at the probe head is higher, an electronic insert in a protection housing should be used with coaxial cable to the probe head (max. +200°C).  
The initial capacitance  $C_A$  will then be increased by the capacitance of the coaxial cable (approx. 50 pF/m).

See fig. 4 for dimensions and drilling template for wall mounting of separate protective housing for electronic insert EC.







# Electronic inserts EC 11 Z, EC 72 Z

E 06.79.04/4 b

## Connections

See fig. 7 for connections from the electronic insert to the SILOMETER.

If there is a capacitance variation  $\Delta C$  of more than 1000 pF for empty and full vessel, with the electronic insert EC 72 Z the linearity error may be compensated by connecting earth to terminal 5 instead of terminal 6.

Attention: The whole measuring system including the indicating instruments lies then on the potential of the vessel. Further details are given in the setting-up instructions of the used SILOMETER FMC.

### Connection to SILOMETER FMC (MINIPAC)

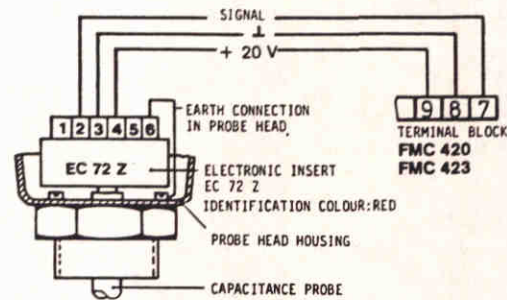
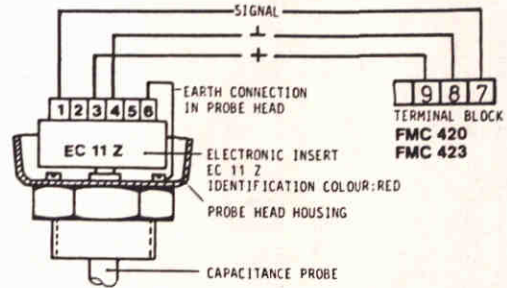
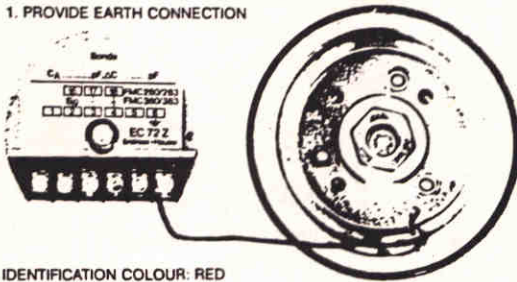


Fig 7

### Connections to probe head

1. PROVIDE EARTH CONNECTION



IDENTIFICATION COLOUR: RED

2. FIT ELECTRONIC INSERT AND SCREW IN

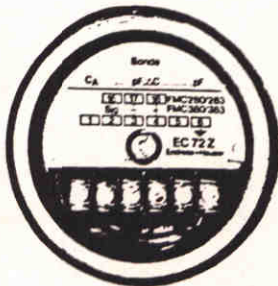


Fig 6

### Connection to SILOMETER FMC (MONOSYST)

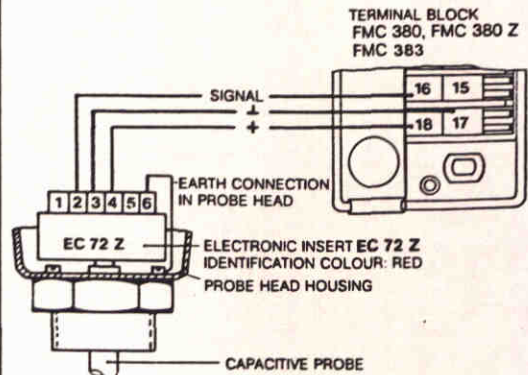
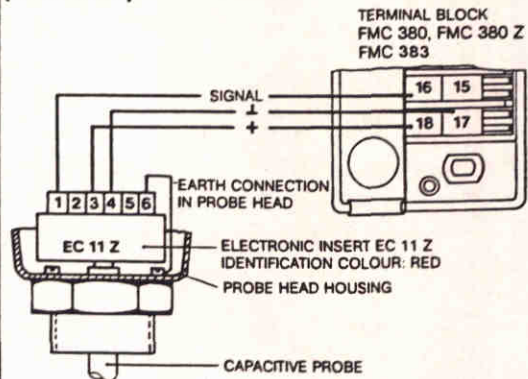
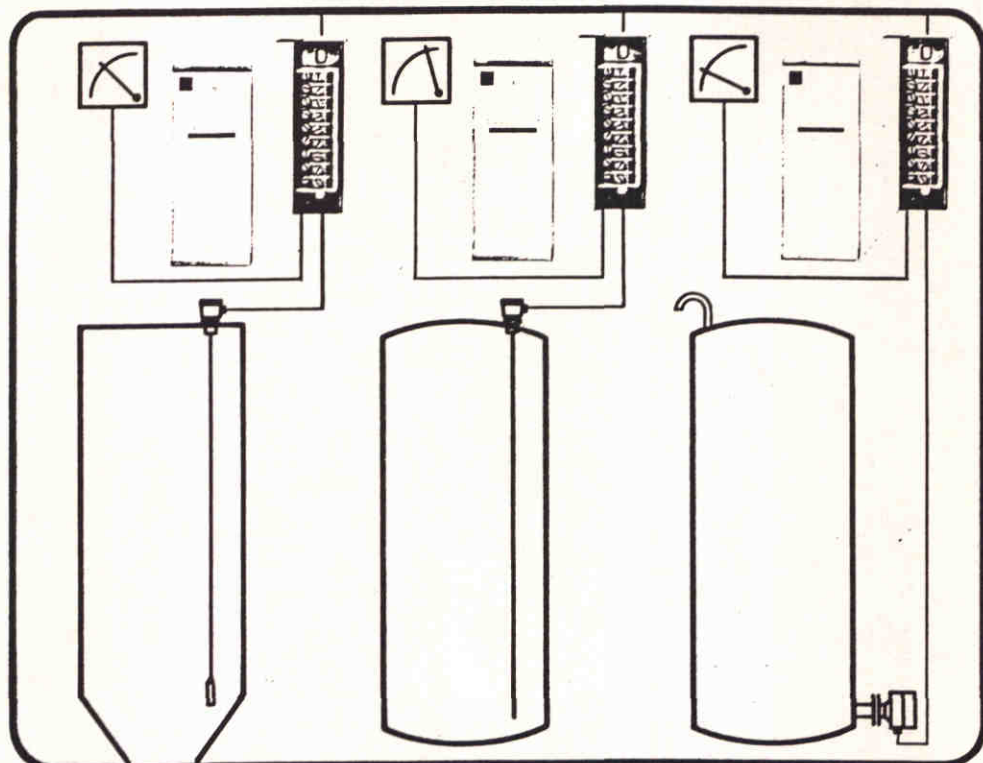


Fig 8

# SILOMETER FMC 380

Level Measuring Instrument for  
bulk material and liquids



The level indicator FMC 380 together with a capacitance probe or a piezoresistive sensor ...

- permits level control through output signals  
0 ... 20 mA or 4 ... 20 mA  
**constant quality of the end product**  
**optimum use of energy and raw materials**
- delivers a level proportional signal for the  
automatic sequence control  
**rationalizing of the manufacturing process**
- indicates the stock level continuously  
**minimum investment for optimum stock levels**

The complete program of capacitance probes and piezoresistive sensor permits the level measurement

- in aggressive materials
- with high pressures
- with high and low temperatures
- in thin and highly viscous liquids
- in containers with agitators

#### Characteristic of the SILOMETER FMC 380

All calibration elements are easily accessible after opening the front plate cover. Switch for coarse calibration and adjuster for fine calibration permit together with the LED band a very simple and very exact calibration for 0% and 100% level. The LED band indicates the level during operation.

E06.79.03/1 c



**Endress + Hauser GmbH + Co.**  
**Measurement and Control**

Hauptstraße 1, D-7867 Maulburg,  
Telephone (07622) 28-0, Telex 773226



# SILOMETER FMC 380

E06.79.03/2 c

### Technical data

Housing	grey duroplast plug-in unit. Base plate with removable terminal block.
Dimensions	see figure 1
Protection to DIN 40050	IP 40
Admissible ambient temperature:	-20°C ... +60°C
Mains	220 V, +15%, -10% 50 ... 60 Hz
Vairations	24 V, 110 V, 115 V, 127 V, 230 V, 240 V each +15%, -10% 50 ... 60 Hz 24 V dc (15 ... 35 V)
Power consumption	ca. 5 VA, ca. 3 W
Weight	1,1 kg
Probes and transmitters	capacitance probe with EC 72 Z, EC 11 Z or piezoresistive probe DB with measurement transmitter HMB 140/240
Connection cable	3-core, max. 25 ohm per core
Supply voltage for probe	20 V
Input signal	0 ... 4 mA
Adjustable input values	for zero point: range 1: 20...190 $\mu$ A ( $\pm$ pF) range 2: 160...350 $\mu$ A ( $\pm$ pF) for difference 10...4000 $\mu$ A ( $\pm$ pF)
Outputs	0... 5 Vdc $R_L > 1$ k $\Omega$ and 0... 20 mA $R_L < 500\Omega$ switchable to 4...20 mA $R_L < 500$ k $\Omega$ or 0... 5 Vdc $R_L > 1$ k $\Omega$ and 0...1 mA $R_L < 10$ k $\Omega$
Response time	typically 0,4 s for a discontinuous change of the input signal of 10% to 90%
Temperature drift	typically 0,01% of the end value/K
Linearity error, mains and load influence	< 0,1%

For technical data for measurement sensor or measurement transmitter see appropriate data-sheets.

Modifications to data reserved c) 04.81

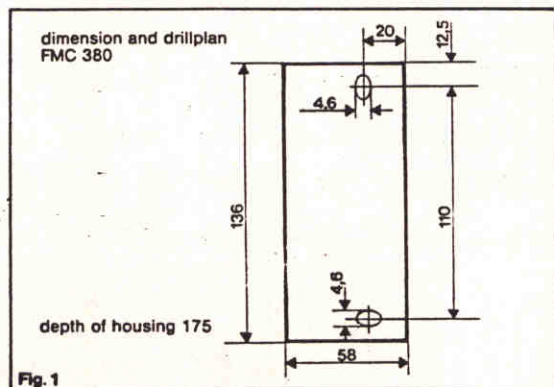


Fig. 1

### Measuring system

The entire measuring system consists of the SILOMETER FMC 380 and a capacitance probe with electronic insert EC 72 Z or EC 11 Z or a piezoresistive probe with built-in or separate measurement transmitter. Display instruments for remote indication of the measured value, recorders to register the measured value, controllers for the process control and limit switches to activate an alarm at minimum or maximum level can be connected.

### Operation

For the operation of the different measurement probes, see appropriate technical information sheets.

The SILOMETER FMC 380 supplies the measurement transformer with direct current and receives from there a level-proportional measuring signal of approx. 0... max. 4 mA. Standardized signals 0...5 V and 0...20 mA (or 4 ... 20 mA, 0... 1 mA) are available at the output of the SILOMETER FMC 380 for the remote display of the material level. The material level is additionally indicated by a LED band.

### Installation

The SILOMETER FMC 380 is constructed as a plug-in unit. For the installation and the wiring only the base plate with the connection terminal is required.

Unscrewing the instrument from the base plate:

- press the plastic ledge located at the top of the front plate to the top
- pull front plate downwards
- loosen the two screws at the top and bottom of the housing a few turns and remove housing from the base plate.

Dimensions and drill plan see figure 1.

For single installation of the instruments or when the minimum distance is 10 mm the ambient temperature during operation may be max. +60°C in the mounting cabinet.

### Connection

Connection of the SILOMETER FMC 380 see fig.3 and fig.4. Largest wire cross section of the lines is 4 mm<sup>2</sup>.

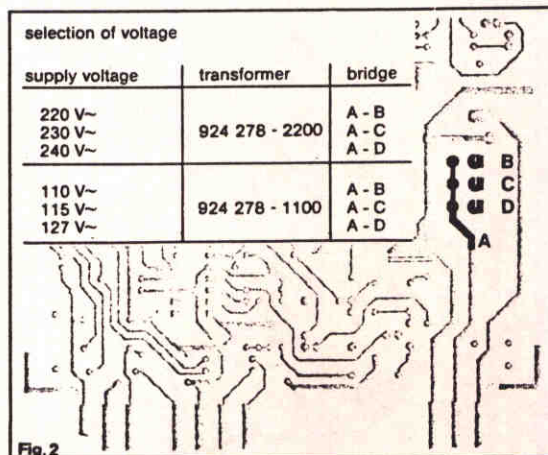


Fig. 2



# SILOMETER FMC 380

E 06.79.03/3 c

### Mains connection

For mains connection see figure 3.

Attention: Observe voltage marked on the stick-on label! (on the back of the instrument, visible upon removing instrument from the base plate).  
Changing the instrument to a different voltage is possible by resoldering a wire bridge on the circuit board (see fig.2).  
The circuit board is removable towards the front, when the mounting at the lower rear is somewhat lifted. Please correct the voltage on the stick-on label.

### Measurement probe or transmitter connection

The three-core connection line between SILOMETER FMC 380 and the transmitter or probe, in which the transmitter is installed, can be commercially available installation cable, if no interferences by electrical or magnetic fields occur. Otherwise use shielded cable, ground the shielding at only one point. 25 ohm is the maximum internal resistance of the core. For connection see figure 3 and 4.

### Connection of display instruments

On the voltage output any number of voltmeters, recorders, relays etc. can be connected in parallel if the entire load resistance stays at more than 1 kohm. The voltage output is short circuit proof. On the current output, any number of amperemeters, recorders, controllers, etc. can be recorded in series, if the entire load resistance remains below 500 ohm. If the current output is not required, it does not have to be short circuited.

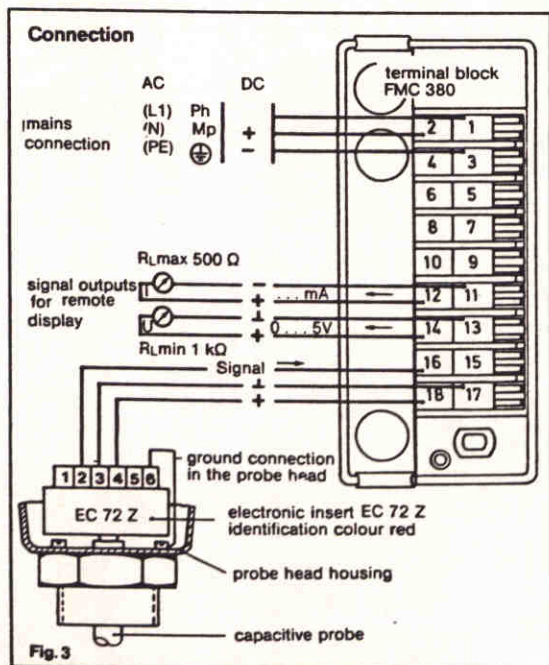


Fig. 3

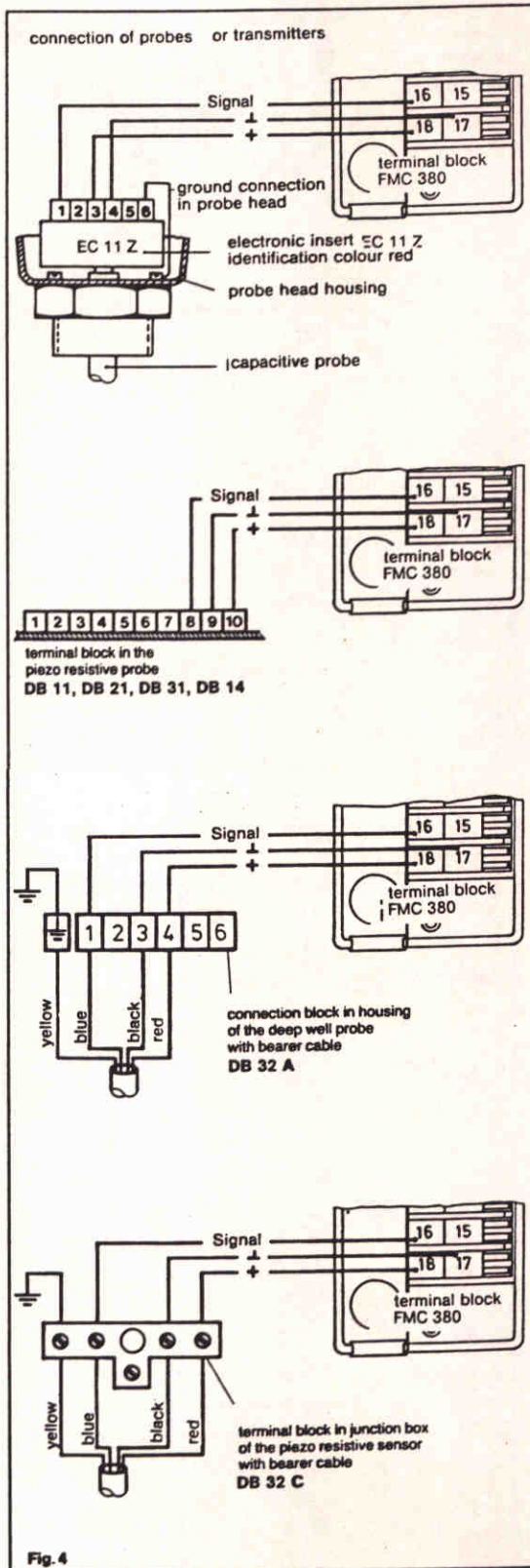


Fig. 4

d) 03.83



# SILOMETER FMC 380

E06.79.03/4 c

## Calibration

The calibration elements (see fig.5) are accessible after opening the front plate (slide the plastic ledge above the front plate towards the top, pull front plate downwards).

### Choosing the output current

The instrument with output current of 0...20mA can be changed to an output current of 4...20mA, if the appropriate switch is opened. For the instrument with current output 0...1 mA, this switch has to remain closed.

### To calibrate levels

The calibration of the instruments to the container height (level calibration) is first done with an empty container and then with full, or if not possible any other way, with a partially filled container.

### 1. Calibration with an empty container 0%

- a) All switches for full or empty calibration off (→ lower)  
Measurement with piezoresistive probe: Switch off all switches for empty calibration (→ lower), switch on the switches 1...4 for full calibration (→ upper) switch off the switches 5...8 for full calibration.
- b) Open switch for range selection (range 1).
- c) Adjuster for full calibration and empty calibration to be turned clockwise to right stop. The indication on the LED band is on the extreme right.
- d) Switch on (→ upper) at the lower switchblock for empty calibration one switch after the other beginning at the left (at 1) until the indication on the LED band falls below 100%. If, after switching on the last switch, the indication is still above 100%, close switch for range selection (range 2).
- e) Turn lower adjuster for empty calibration counter clockwise, until the LED at 0% flashes. The zero point of the SILOMETER FMC 380 is then adjusted exactly to ± 1%

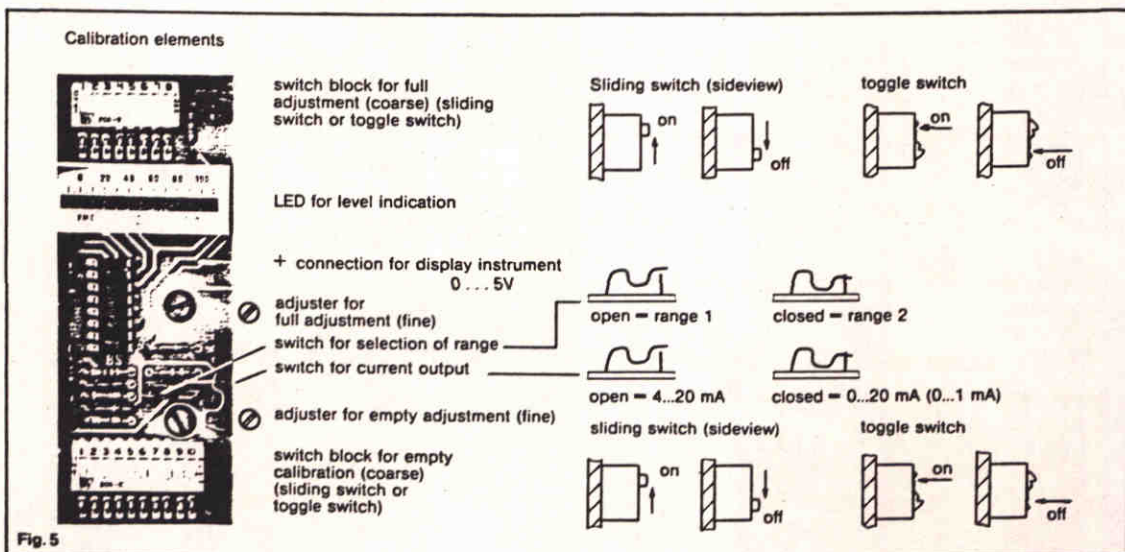
- f) Turn upper adjuster for full calibration counter clockwise to the left stop.
- g) Switch on all switches on the upper switch block for full calibration (→ upper)

### 2. Calibration with a full vessel (100%)

- a) Fill container exactly to the 100% level.
- b) Switch off at the upper switch block for full adjustment beginning at the right (at 8) one switch after the other (→ lower) until the LED band has dropped just below 100%. Should the indication rise to 100% or above, switch on the last de-activated switch.
- c) Turn upper adjuster for full calibration clockwise until the LED at 100% flashes. The 100%-point of the SILOMETER is there-with calibrated to ± 1%.

### or with a partly full vessel

- A) Fill the container as much as possible.
- b) Measure exact level (e.g. 80%).
- c) Connect display instrument (voltmeter 0...5V  $R_i > 1 \text{ kohm}$ ) on the pins behind the front plate, 5 V is equal to 100% level.
- d) Calculate the measured level in corresponding voltages (e.g. 80% = 4 V).
- e) Switch off at the upper switchblock for full adjustment beginning at the right (at 8) one switch after the other (→ lower), until the indication on the connected voltmeter falls below the calculated current value.
- f) Turn upper adjuster for full calibration clockwise, until the voltmeter indicates the calculated voltage exactly.





Endress + Hauser GmbH + Co.  
 Meß- und Regeltechnik  
 Postfach 20, D-7864 Maulburg  
 ☎ (07622) 28-0, ☎ (07622) 28438

Sonde 11302, Sonde TSP 011037  
 Vollisolierte Stabsonde  
 02.78.01/11

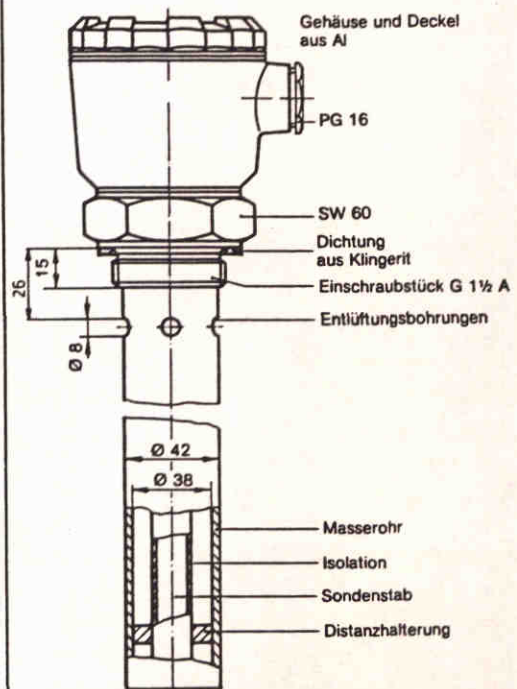
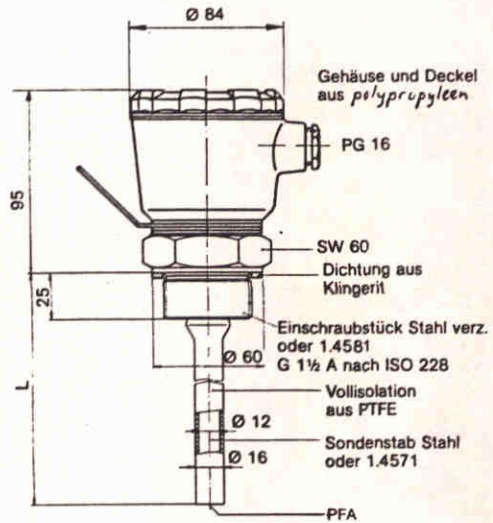
Sonde 11 302



Sonde 11 302  
 mit Masserohr



Abb. 1



Auch mit Flanschen lieferbar

Abb. 2



## Sonde 11302, Sonde TSP 011037 Vollisolierte Stabsonde

02.78.01/21

### Technische Daten

Betriebsdruck $P_e$ max.: bei	50 bar	30 bar	10 bar	0 bar
Betriebstemperatur: (gemessen am Flansch oder am Einschraubstück)	-80°C bis 50°C	100°C	150°C	200°C

Kapazität der Durchföhrung:	ca. 30 pF
Kapazität der Sonde mit Masserohr:	ca. 60 pF/m
ohne Masserohr:	ca. 12 pF/m bei Wandabstand $\geq$ 250 mm
Max. Sondenlänge:	4000 mm
Min. Sondenlänge:	100 mm
Vollisolation:	2 mm PTFE
Einschraubstück:	Stahl verzinkt oder 1.4581
Sondenstab:	Stahl oder 1.4571
Masserohr:	Stahl grundiert oder 1.4571
Distanzhalterung:	PFA
Gehäuse:	Aluminium (Al Si 12)

Schutzart nach DIN 40050 (Gehäuse): IP 55

Diese Sonden sind auch mit Flanschen lieferbar.

Werkstoffe der Flansche:	Stahl grundiert 1.4571
	Stahl grundiert oder 1.4571 mit PTFE plattiert
	Stahl grundiert mit 1.4571 plattiert (Plattierung behälterseitig) andere Werkstoffe auf Anfrage

Standard-Flanschgrößen:	DN 50, PN 16 DN 100, PN 16 ASA 2", 150 lbs ASA 4", 150 lbs Ab DN 40 bzw. ASA 1 1/2" sind alle üblichen Nennweiten und Nenndrücke möglich.
-------------------------	---

### Sonde 11 302 Z

Die Sonden 11 302 Z sind PTB-geprüft, d.h. sie sind zugelassen für den Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich Zone 0 mit NIVOTESTER FTC 380 Z...FTC 482 Z, FTC 681 Z und SILOMETER FMC 480 Z.

Zündschutzart, Umgebungstemperatur, Zündgruppe und Explosionsklasse siehe Prüfungsscheine  
PTB Nr. III B/E 29813 B-F, PTB Nr. Ex 80/2143 X  
PTB Nr. III B/E 29815 B-F, PTB Nr. Ex 80/2145 X  
PTB Nr. III B/E 28748 B-S-F, PTB Nr. Ex 78/2006  
PTB Nr. Ex - 82/2071 X

Für Einsatz in Druckbehältern im (Ex)-Bereich ist Rücksprache mit dem zuständigen Explosionsschutz-Sachverständigen erforderlich.  
Auch bei den Sonden 11 302 Z sind alle Flanschdurchführungen möglich, außer dem mit 1.4571 plattierten Stahlflansch.

Änderungen bleiben vorbehalten. f) 08.85

### Hinweise

Vorwiegend für Einsatz in Flüssigkeiten.

Einbau der Sonde möglichst senkrecht.

Die Sonde 11 302 ist auch für Vakuum geeignet. Über 100°C Dichtungen am Gehäuse aus Klingerit anstatt Gummi.

Elektronikeinsatz für den Sondenkopf in einem separaten Gehäuse unterbringen, wenn die Umgebungstemperatur des Sondenkopfes die maximal zulässige Betriebstemperatur für den Elektronikeinsatz übersteigt (siehe technische Daten).

Die Sonde ohne Masserohr darf überall dort verwendet werden, wo nicht mit seitlicher Belastung zu rechnen ist.

Bei Möglichkeit seitlicher Belastung durch Schüttgüter Sonde abstützen, bei Möglichkeit seitlicher Belastung durch Flüssigkeiten (z.B. in Rührwerksbehältern) Sonde abstützen oder Sonde mit Masserohr verwenden.

Gewünschte Materialien bei Bestellung angeben.

1.4571 }	= korrosionsbeständiger Stahl
1.4581 }	
PTFE	
PFA	= Perfluoralkoxy

### Sonde TSP 011037

Die Sonde 11 302 ist auch mit „inaktiver Länge“ unter der Typenbezeichnung TSP 011037 lieferbar.

Dabei ist ein Stück des Sondenstabs beim Einschraubstück oder Flansch innerhalb der PTFE-Isolation gegen störende Einflüsse durch Kondensat oder Ansatzbildung abgeschirmt.

Einschraubstück, Sondenstab, Masserohr und Abschirmung sind aus korrosionsbeständigem Stahl.

Durchführungskapazität pro Dezimeter "inaktive Länge" ca. 35 pF.



**SIGMA**  
COATINGS

Verftechnisch advies nr. 12257/84.

---

Sigma Coatings BV  
postbus 42, 1420 AA Uithoorn  
Amsterdamseweg 14, 1422 AD Uithoorn  
telefoon (centrale) 02975-41911  
telegrammen Sigma Uithoorn

---

T.b.v. Stalen meetapparatuur  
behuizingen gelegen aan de  
Oosterscheldedam.

T.N.O.  
tav. de heer J. Smits  
Surinamestraat 2  
2612 BA Delft.

Kopie:

Waterloorkundig laboratorium Delft  
Instrumentation department  
tav. de heer H. de Vries  
Postbus 177  
2600 MH Delft.

Buitenschilderwerk op staal (niet verzinkt).

bb 61

Opmerking vooraf.

Voor de verwerking van de in dit onderdeel van het advies  
genoemde produkten verwijzen wij naar de technische gegevens  
op bijgaande kenmerkenbladen.

bb 62

In het konstruktie- of applikatiebedrijf.

Alle roest en walshuid verwijderen door middel van stralen  
tot minstens straalgraad Sa 2½.  
Het oppervlak volledig reinigen van straalstof e.d. bijv.  
door afzuigen of wegblazen.

bb 63

Direkt hierna voorzien van een laag Colturiet zink system  
primer. Laagdikte ca. 25 micrometer.





bb 65

Na droging het geheel voorzien van een laag Colturiet sealer.  
Laagdikte ca. 40 micrometer.

bb 103

Daarna een laag Colturiet GP finish aanbrengen.  
Laagdikte ca. 40 micrometer.

bb 122

Voorts licht schuren en reinigen.  
Daarna afwerken met Colturiet GP finish.  
Laagdikte ca. 40 micrometer.

N.B.:

Beschadigingen bijwerken met Proferral PR één komponent zinkstofprimer.  
Laagdikte 25 mikrometer. Daarna met het Colturiet systeem afwerken.

Uithoorn, 3 januari 1985.

## Colturiet zinc system primer

bestaat uit 2 bladen; oktober 1983

### OMSCHRIJVING

zinkrijke twee-komponenten primer op basis van epoxyharsen met polyamide verharder

### VOORNAAMSTE KENMERKEN

- ontwikkeld als primer voor verschillende verfsystemen
- uitstekende roestwerende eigenschappen
- de droge laag bevat ca. 91,0 gew. % zuiver zink
- snelle droging; kan spoedig worden overgeschilderd
- toe te passen voor verschillende onderhoudssystemen wanneer spoedig overschilderen noodzakelijk is om gestraalde gedeelten direkt tegen roest te beschermen
- het er over aan te brengen systeem moet onverzoeptbaar zijn
- kan worden aangebracht in een droge laagdikte tot maximaal 60 mikrometer, afhankelijk van de hoeveelheid verdunning
- las-certificaat: zie blad 1880
- bestand tegen temperaturen van maximaal 200°C in droge omstandigheden

### KLEUR EN GLANS

grijs - mat

### BASISGEGEVENS

dichtheid (s.g.)  
vaste stofgehalte  
aanbevolen droge laagdikte

(van het gemengde produkt bij 20°C)

ca. 2,7 g/cm<sup>3</sup>  
ca. 46,0 vol.%  
25-40 mikrometer, afhankelijk van het straalprofiel; bij uitzondering wordt een droge laagdikte vereist tot maximaal 60 mikrometer (droge laagdikten van meer dan 40 mikrometer worden niet aanbevolen onder dikke, harde epoxysystemen)  
18,4 m<sup>2</sup>/liter, 25 mikrometer droge laagdikte  
11,5 m<sup>2</sup>/liter, 40 mikrometer droge laagdikte  
7,7 m<sup>2</sup>/liter, 60 mikrometer droge laagdikte

theoretisch uitstrijkrendement

stofdroom na

8-10 minuten bij 30°C; 10 minuten bij 20°C;  
30 minuten bij 10°C (voor een droge laagdikte van 25-40 mikrometer)

overschilderbaar na minimaal  
na maximaal

4 uur bij 30°C; 6 uur bij 20°C; 8 uur bij 10°C  
- zinkrijke primers kunnen aan het oppervlak zinkzouten vormen, die vóór het overschilderen dienen te worden verwijderd  
- om zinkzoutvorming te voorkomen, verdient het aanbeveling de Colturiet zinc system primer zo spoedig mogelijk te voorzien van een afsluitende laag, bijvoorbeeld Colturiet sealer (bij voorkeur reeds aan te brengen in het konstruktie- of applikatiedrijf)

Z.O.Z.

oktober 1983

volledige verharding na	5 dagen bij 30°C; 7 dagen bij 20°C; 10 dagen bij 15°C; 20 dagen bij 10°C . bij temperaturen beneden 10°C kan Colturiet zinc system primer wel worden aangebracht, doch het verhardingsproces verloopt dan zeer langzaam; voor zulke toepassingen worden fysisch drogende zinkrijke primers aangeraden (zoals Proferral PR)
houdbaarheid	- gegevens voor de componenten - in goed gesloten originele verpakking op een koele en droge plaats tenminste 12 maanden houdbaar
vlampunt (DIN 53213)	basiskomponent 26°C; verharder 26°C
<u>ONDERGRONDKONDIETIE</u>	staal: gestraald tot minimaal SIS-Sa 2½
<u>SYSTEEMSPECIFIKATIES</u>	voor pijpleidingen zie systeemblad 2310, voor andere doeleinden op aanvraag
<u>INSTRUKTIES VOOR GEBRUIK</u>	
mengverhouding	91,6 basiskomponent : 8,4 verharder (gew. dln.) 75 basiskomponent : 25 verharder (vol. dln.)
mengaanwijzing	De temperatuur van het mengsel van basiskomponent en verharder behoort boven 15°C te zijn Verdunning <u>na</u> het mengen van de componenten toevoegen
verwerkingstijd	48 uur bij 20°C; 6 uur bij 35°C
<u>AIRLESS-SPUIT</u>	
aanbevolen verdunning	Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 26°C)
hoeveelheid verdunning	5-10 vol.% (0-5 vol.% voor grotere laagdikten)
sputopening	ca. 0,43 - 0,48 mm (= 0,017 - 0,019 inch)
druk op spuitopening	15 MPa (= ca. 150 atm)
<u>LUCHTSPUIT</u>	
aanbevolen verdunning	Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 26°C)
hoeveelheid verdunning	5-10 vol.% (0-5 vol.% voor grotere laagdikten)
sputopening	1,8 - 2,2 mm
druk op spuitopening	0,3 - 0,6 MPa (= ca. 3-6 atm)
<u>ROL/KWAST</u>	
aanbevolen verdunning	Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 26°C)
hoeveelheid verdunning	0-5 vol.%
<u>ONDERGRONDTEMPERATUUR</u>	Colturiet zinc system primer dient niet te worden aangebracht bij een temperatuur beneden 5°C; de temperatuur van de ondergrond behoort tenminste 3°C boven het dauwpunt te liggen
<u>REINIGINGSVERDUNNING</u>	Sigma verdunning 90-53 (vlampunt 30°C)

zie blad 2

blad 2; oktober 1983

VEILIGHEIDSMATREGELEN

verf die de huid of de slijmvliezen kan irriteren of aantasten



inademing van dampen en stof is schadelijk

zie veiligheidsaanwijzingen, bladen 1430 en 1431

minimum hoeveelheid aan te voeren ventilatielucht voor:  
1 liter gemengde verf

1 liter verdunning 91-92

1 liter verdunning 90-53

- a. om 10% LEL te bereiken = 97 m<sup>3</sup>  
 b. om TLV (MAK) te bereiken = 1153 m<sup>3</sup>  
 a. om 10% LEL te bereiken = 176 m<sup>3</sup>  
 b. om TLV (MAK) te bereiken = 2818 m<sup>3</sup>  
 a. om 10% LEL te bereiken = 185 m<sup>3</sup>  
 b. om TLV (MAK) te bereiken = 2181 m<sup>3</sup>

E.E.G. gevarencodering

basis

- R10: ontvlambaar  
 R42/43: kan overgevoeligheid veroorzaken bij inademing en contact met de huid  
 S23: spuitnevel niet inademen  
 S38: bij ontoereikende ventilatie een geschikt masker dragen

verharder

- symbool Xn: schadelijk  
 R10: ontvlambaar  
 P51: schadelijk en irriterend bij inademing, opname door de mond en aanraking met de huid en de ogen  
 S20/21: niet eten, drinken of roken tijdens gebruik

AANVULLENDE GEGEVENS

praktisch uitstrijkrendement

Het praktisch uitstrijkrendement hangt af van een aantal factoren, zoals vorm van het object, konditie en profiel van het oppervlak, applicatiemethode, ervaring, weersomstandigheden. Het wordt dikwijls geschat op ongeveer 75% van het theoretisch rendement. Voor kalkulatiedoeleinden is een tabel beschikbaar.

4885-120580  
 1272-6044-221277

## Colturiet sealer

bestaat uit 3 bladen, april 1980

### OMSCHRIJVING

twee-komponenten epoxyharsverf met polyamide verharder, gepigmenteerd met ijzerglimmer, toe te passen als hechtprimer/sealer of coating

### VOORNAAMSTE KENMERKEN

- uitstekende hechting op en afsluiting (sealing) van (verouderde) zinkrijke primers (zowel epoxyzink als silikaatzinktypen) en zinkgeschoopeerd staal
- goede hechting op goed voorbehandeld thermisch verzinkt staal
- uitstekende hechting op gestraald staal
- kan worden toegepast in bovenwater- en onderwatersystemen
- goede weervastheid, ook in een agressieve industriële en chemisch verontreinigde atmosfeer
- goede slijt- en stootvastheid
- goede aanhechtingsmogelijkheden voor de volgende lagen (zie overschilderbaarheid)
- kan worden aangebracht in laagdikten van 35 mikrometer tot 100 mikrometer zonder dat zakkers optreden

### KLEUREN EN GLANS

roodbruin, groenachtig grijs en zwart - lage metaalglans

### BASISGEGEVENS

dichtheid (s.g.)  
vaste stofgehalte  
aanbevolen droge laagdikte  
theoretisch rendement  
stofdroog na  
overschilderbaar na min.  
na max.

(van het gemengde produkt bij 20°C)

ca. 1,74 g/cm<sup>3</sup>  
ca. 55 vol.%  
35-100 mikrometer\*, afhankelijk van verfsysteem  
15,7 - 5,5 m<sup>2</sup>/liter\*, afhankelijk van verfsysteem  
1 uur\*  
8 uur\*  
6 maanden (lagen boven 50 mikrometer droog, korter),  
maar het oppervlak behoort goed gereinigd te  
worden voor het overschilderen. Glanzende verven  
kunnen een hechttingsbevorderende laag vooraf  
nodig hebben  
7 dagen\*

volledig verhard na

houdbaarheid

- gegevens voor de componenten -  
in goed gesloten originele verpakking op een  
koele en droge plaats tenminste 12 maanden  
houdbaar

vlampunt (DIN 53213)

basiskomponent 26°C; verharder 26°C

\*zie s.v.p. aanvullende gegevens

z.o.z.

april 1980

ONDERGRONDKONDIETIE

- zinkrijke primer: vrij van alle vuil en zinkzouten
- thermisch verzinkt staal: licht aanstralen
- niet verweerd zinkgeschoopeerd staal: vrij van vuil en zinkzouten
- staal: gestraald tot straalgraad SIS-Sa 2½
- van shopprimer voorzien staal: advies vragen
- geschikte voorgaande laag: vrij van alle vuil

INSTRUKTIES VOOR GEBRUIK

mengverhouding

90,5 basiskomponent: 9,5 verharder (gew.dln.)

menginstructie

82 basiskomponent: 18 verharder (vol.dln.)  
De temperatuur van het mengsel van basiskomponent en verharder behoort boven 15°C te zijn, anders moet meer verdunning worden toegevoegd om de applicatieviscositeit te verkrijgen. Dit geeft minder weerstand tegen zakkens en langzamer droging. Verdunning toevoegen na het mengen van de componenten

induktietijd

Een inwerktijd aanhouden van 5 minuten bij 25°C;  
10 minuten bij 20°C; 20 minuten bij 15°C alvorens het produkt te verwerken

verwerkingstijd

8 uur bij 20°C\*

AIRLESS-SPUITaanbevolen verdunning  
hoeveelheid verdunning

Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 27°C)  
10-20 vol.% voor een droge laagdikte van 100 mikrometer  
20-30 vol.% voor een droge laagdikte van 35 mikrometer

spuitopening  
druk op spuitopening

ca. 0,46 - 0,53 mm (= 0,018 - 0,021 inch)  
12-15 MPa (= ca. 120-150 atm)

LUCHTSPUITaanbevolen verdunning  
hoeveelheid verdunning  
spuitopening  
druk op spuitopening

Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 27°C)  
20-40 vol.% afhankelijk van de vereiste laagdikte  
1,5-2 mm  
0,3-0,4 MPa (= ca. 3-4 atm)

ROL/KWASTaanbevolen verdunning  
hoeveelheid verdunning

Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 27°C)  
0-5 vol.%

ONDERGRONDTEMPERATUUR

- voor immersiedoelinden behoort de ondergrondtemperatuur minstens 10°C te zijn gedurende applicatie en droogperiode; tevens behoort die minstens 3°C boven het dauwpunt te liggen

\*Zie s.v.p. aanvullende gegevens

zie blad 2

blad 2; april 1980

- voor expositie aan atmosferische invloeden mag de ondergrondtemperatuur minimaal 5°C zijn, maar bij lage temperaturen vindt de verharding vertraagd plaats, zoals in de AANVULLENDE GEGEVENS bij overschilderen en in de verhardingstabel is aangegeven

REINIGINGSVERDUNNING

Sigma verdunning 90-53 (vlampunt 25°C)

VEILIGHEIDSMATREGELEN

verf die de huid of de slijmvliezen irriteert of aantast



inademing van dampen en stof is schadelijk

Zie veiligheidsaanwijzingen, bladen 1430 en 1431

minimum hoeveelheid aan te voeren ventilatielucht voor:  
1 liter gemengde verf

1 liter verdunning 91-92

1 liter verdunning 90-53

a. om 10% LEL te bereiken	= 68 m <sup>3</sup>
b. om TLV (MAC) te bereiken	= 1155 m <sup>3</sup>
a. om 10% LEL te bereiken	= 150 m <sup>3</sup>
b. om TLV (MAC) te bereiken	= 2870 m <sup>3</sup>
a. om 10% LEL te bereiken	= 150 m <sup>3</sup>
b. om TLV (MAC) te bereiken	= 2180 m <sup>3</sup>

AANVULLENDE GEGEVENS

laagdikte en uitstrijkrendement

theoretisch uitstrijkrendement in m <sup>2</sup> per liter	15,7	11,0	7,3	5,5	4,4
droge laagdikte in mikrometer	35	50	75	100	125

Het praktisch uitstrijkrendement hangt af van een aantal factoren, zoals vorm van het object, konditie en profiel van het oppervlak, applicatiemethode, ervaring, weersomstandigheden. Het wordt dikwijls geschat op ongeveer 75% van het theoretisch uitstrijkrendement. Voor kalkulatie-doelinden is een tabel beschikbaar.

Maximum droge laagdikte zonder zakkers met een airless-spuit: 175 mikrometer  
Minimum droge laagdikte voor een gesloten laag met een airless-spuit: 30 mikrometer  
Maximum droge laagdikte bij verwerking met een kwast: 50 mikrometer

z.o.z.

april 1980

## overschilderen

Sommige hooggepulde verven hebben een goede hechting op een Colturiet sealerlaag die een tijdlang (tot maximaal 6 maanden) aan weer en wind heeft blootgestaan, indien het oppervlak voor het schilderen gereinigd is. Wanneer toepassing plaats vindt als hechting-bevorderende sealer of wanneer een glanzende afschilderlaag erover wordt aangebracht, behoort onderstaande tabel te worden aangehouden

temperatuur	70°C	30°C	20°C	10°C	5°C
ondergrond					
minimum interval in vers aangebrachte systemen*	1 uur	4 uur	8 uur	16 uur	36 uur
minimum interval bij gebruik als een hechting-bevorderende sealer op verouderde epoxy-coating	3 uur	26 uur	36 uur	3 dgn	5 dgn
maximum interval op oppervlakken vrij van krijten en vuil	2 dgn	14 dgn	28 dgn	28 dgn	28 dgn

\* Deze tijden gelden voor een droge laagdikte van 50 mikron; voor 100 mikron droge laagdikte is de minimum tussenpoos (interval) ca. 50% langer

## verhardingstabel

temperatuur	stofdroog	hanteerbaar, regenvast, beloopbaar	volledig verhard
25°C	1 uur	4 uur	5 dgn
20°C	1 uur	4 uur	7 dgn
15°C	1,5 uur	6 uur	10 dgn
10°C	2 uur	8 uur	15 dgn
5°C	2,5 uur	18 uur	-

Tijdens de applicatie en de droging is voldoende ventilatie noodzakelijk. Voor het verkrijgen van een optimale bestandheid in tankcoatingsystemen is een ondergrondtemperatuur van minimaal 10°C van wezenlijk belang.

\*Zie s.v.p. aanvullende gegevens

zie blad 3



blad 3; april 1980

verwerkingstijd  
(bij applikatieviskositeit)

de verwerkingstijd is 8 uur bij 20°C;  
korter bij hogere temperaturen

15°C	10 uur	De getallen in deze tabel gelden voor verpakkingen van 5 liter en meer
20°C	8 uur	
25°C	6 uur	
30°C	5 uur	
35°C	4 uur	

4602  
1272-6083-230976

## Colturiet GP finish

bestaat uit 2 bladen: maart 1981

OMSCHRIJVING

chemikaliënvaste twee-komponenten coating op basis van epoxyhars en polyamide verharder

VOORNAAMSTE KENMERKEN

- afwerklaag in epoxy-systemen voor algemene doeleinden
- gemakkelijke verwerkbaarheid met kwast/rol en (airless) spuit
- na langere tijd overschilderbaar (dan normaal bij epoxycoatings)
- goede vloeïng en geringe ontwikkeling van spuitstof
- goede watervastheid
- goede bestandheid tegen morsen en spatten met chemikaliën
- stoot- en slijtvast
- gemakkelijk te reinigen

KLEUREN EN GLANS

zie de Colturiet kleurenkaart - halfglans

BASISGEGEVENS

dichtheid (s.g.)  
 vaste stofgehalte  
 aanbevolen droge laagdikte  
 theoretisch rendement  
 stofdroog na  
 overschilderbaar na min.  
                                   na max.  
 volledig verhard na

(gegevens voor gemengde produkt bij 20°C)

ca. 1,4 g/cm<sup>3</sup>  
 ca. 50 vol.%  
 50 mikrometer  
 10,0 m<sup>2</sup>/liter  
 30 minuten  
 8 uur\*  
 2-3 maanden\*  
 7 dagen\*

houdbaarheid

- gegevens voor de componenten -  
 in goed gesloten originele verpakking op een koele en droge plaats tenminste 12 maanden houdbaar  
 basiskomponent 26°C; verharder 26°C

vlampunt (53213)

ONDERGRONDKONDITIONE

voorgaande epoxylagen vrij van alle vuil

SYSTEEMSPECIFIKATIES

zie systeemblad 3214: Colturiet midcoat-systemen  
 zie systeemblad 2240: Tankfarm systemen  
 zie systeemblad 3431: Systemen voor meer- en opslagboeien

\* zie aanvullende gegevens

z.oz.

maart 1981

INSTRUKTIES VOOR GEBRUIK

mengverhouding	84 basiskomponent: 16 verharder (gew. dln.) 76 basiskomponent: 24 verharder (vol. dln.)
mengaanwijzingen	De temperatuur van het mengsel van basiskomponent en verharder behoort boven 15°C te zijn anders moet extra verdunning worden toegevoegd om de applicatieviskositeit te verkrijgen. Dit geeft een lagere weerstand tegen zakkers en een langzamer verharding. Verdunning dient te worden toegevoegd <u>na</u> het mengen van de componenten
inwerktijd	minimum inwerktijd 5 minuten bij 25°C, 10 minuten bij 20°C 20 minuten bij 15°C
verwerkingstijd	8 uur bij 20°C*

AIRLESS SPUIT

aanbevolen verdunning	Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 27°C)
hoeveelheid verdunning	5-10 vol.%
sputopening	ca. 0,46 mm (= 0,018 inch)
druk op spuitopening	15 MPa (= ca. 150 atm)

LUCHTSPUIT

aanbevolen verdunning	Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 27°C)
hoeveelheid verdunning	10-15 vol.%
sputopening	2 mm
druk op spuitopening	0,3 MPa (= ca. 3 atm)

KWAST/ROL

aanbevolen verdunning	Sigma verdunning 91-92 (vlampunt 27°C)
hoeveelheid verdunning	0-5 vol.%

ONDERGRONDTEMPERATUUR

gedurende de applicatie en in de eerste 24 uur van de droging moet de ondergrondtemperatuur boven 5°C zijn en tenminste 3°C boven het dauwpunt

REINIGINGSVERDUNNING

Sigma verdunning 90-53 (vlampunt 25°C)

VEILIGHEIDSMATREGELEN

verf die de huid of de slijmvliezen irriteert of aantast



inademing van dampen en stof is schadelijk

zie veiligheidsaanwijzingen, bladen 1430 en 1431

\*zie aanvullende gegevens

zie blad 2

minimum hoeveelheid aan te  
voeren ventilatielucht voor:

1 liter gemengde verf

a. om 10% LEL te bereiken = 100 m<sup>3</sup>

b. om TLV (MAC) te bereiken = 1280 m<sup>3</sup>

1 liter verdunning 91-92

a. om 10% LEL te bereiken = 150 m<sup>3</sup>

b. om TLV (MAC) te bereiken = 2870 m<sup>3</sup>

1 liter verdunning 90-53

a. om 10% LEL te bereiken = 150 m<sup>3</sup>

b. om TLV (MAC) te bereiken = 2180 m<sup>3</sup>

E.E.G. gevarenkodering

verharder

symbool Xn

R10 - P53

S20/21

gemengd produkt

symbool Xn

R10 - R20/21/22

S20/21 - S25 - S29

R42/43

P53/54

AANVULLENDE GEGEVENS

laagdikte en uitstrijk-  
rendement

theoretisch rendement	12,5	10,0	8,3
in m <sup>2</sup> per liter			

droge laagdikte in	40	50	60
mikrometer			

Het praktisch uitstrijkrendement hangt af van een aantal factoren, zoals vorm van het objekt, konditie en profiel van het oppervlak, applicatiemethode, ervaring, weersomstandigheden.

Het wordt dikwijls geschat op ongeveer 75% van het theoretisch rendement.

Voor kalkulatiedoeleinden is een tabel beschikbaar.

Maximum droge laagdikte zonder zakkers

met de airless spuit : 75 mikrometer

Minimum droge laagdikte voor een

gesloten film met de airless spuit : 30 mikrometer

Maximum droge laagdikte met de kwast : 50 mikrometer

z.o.z.

blad 2; maart 1981

## overschilderen

ondergrond- temperatuur	30°C	20°C	15°C	10°C	5°C
minimum interval	6 h	8 h	16 h	24 h	48 h
maximum interval voor oppervlakken vrij van krijten en vuil	2 - 3 maanden				

## verhardingstabel

ondergrond- temperatuur	stofdroog	hanteerbaar regenvast	volledig verhard
30°C	½ uur	3 uur	5 dagen
20°C	½ uur	4 uur	7 dagen
15°C	1 uur	6 uur	10 dagen
10°C	2 uur	8 uur	14 dagen
5°C	4 uur	12 uur	21 dagen

Voldoende ventilatie bij applicatie en tijdens droging is vereist.

verwerkingstijd (bij  
applicatieviskositeit)

de verwerkingstijd is 8 uur bij 20°C, korter bij hogere temperaturen		
15°C	12 uur	de getallen in deze tabel gelden voor verpakkingen van 5 liter en meer
20°C	8 uur	
25°C	7 uur	
30°C	5 uur	
35°C	4 uur	

1070-8772-260678

1070-8751-210478

# Proferral PR

bestaat uit 2 bladen; februari 1983

## OMSCHRIJVING

één-komponent anti-korrosieve zinkrijke primer op basis van epoxyhars

## VOORNAAMSTE KENMERKEN

- ontwikkeld als zinkrijke reparatieprimer en als onderhoudsprimer om gestraalde gedeelten direkt tegen roest te beschermen
- zeer geschikt voor het herstellen van een laag twee-komponenten zink-epoxy of een laag zink-silikaatprimer
- kan worden aangebracht en droogt bij een temperatuur tot  $-10^{\circ}\text{C}$ , mits het oppervlak vrij is van vocht (ijs)
- kan worden gebruikt voor het rekonditioneren van verouderd thermisch verzinkt staal, dat geroest is
- zeer goede anti-korrosieve eigenschappen; de droge laag bevat 90 gew.% zink
- bestand tegen droge hitte met pieken van  $175^{\circ}\text{C}$ ; blijvend bestand tegen droge hitte van  $125^{\circ}\text{C}$
- het erover aan te brengen systeem moet onverzoept zijn
- zeer goede vloeijing voor een zinkcompound
- goede hechting op koud gewalst staal

## KLEUR EN GLANS

grijs - mat

## BASISGEGEVENS BIJ $20^{\circ}\text{C}$

dichtheid (s.g.)  
vaste stofgehalte  
aanbevolen droge laagdikte  
theoretisch rendement  
stofdroom na

ca.  $2,3 \text{ g/cm}^3$   
ca. 36,0 vol.%  
35 mikrometer  
 $10,3 \text{ m}^2/\text{liter}$ ; laagdikte 35 mikrometer  
5 minuten bij  $5 \text{ tot } 20^{\circ}\text{C}$   
30 minuten bij  $-10^{\circ}\text{C}$

overschilderbaar na minimaal

2 uur bij  $20^{\circ}\text{C}$   
4 uur bij  $5 \text{ tot } 10^{\circ}\text{C}$   
6 uur bij  $-10^{\circ}\text{C}$

na maximaal

- zinkrijke primers kunnen aan het oppervlak zinkzouten vormen; zij behoren niet vóór het overschilderen gedurende lange tijd aan weersinvloeden te worden blootgesteld
- een tussenpoos van enige maanden mag echter wel aangehouden worden voor binnen in schone omstandigheden
- in een schone omgeving buiten is een tussenpoos van maximaal 14 dagen aanvaardbaar, maar in een industriële of maritieme omgeving dient de tussen-tijd tot het praktisch minimum te worden beperkt

Z.O.Z.

februari 1983

- elke zichtbare vervuiling aan het oppervlak moet altijd worden verwijderd, voordat wordt overgeschilderd, en wel door licht nat of droog stralen (wapperen) of mechanisch reinigen
- als een langere tussenpoos nodig is alvorens kan worden overgeschilderd, verdient het aanbeveling de Proferral PR zo spoedig mogelijk te voorzien van een afsluitende laag, bijvoorbeeld Colturiet sealer

houdbaarheid

in goed gesloten originele verpakking op een koele en droge plaats tenminste 6 maanden houdbaar  
41°C

vlampunt (DIN 53213)

ONDERGRONDKONDITIE

- staal: gestraald tot straalgraad SIS-Sa 2½
- verouderd thermisch verzinkt staal met roestplekken: zorgvuldig ontroest tot ontroestingsgraad SIS-St 3
- zinkrijke epoxy- en zinksilikaatprimers: vrij van alle vuil

INSTRUKTIES VOOR GEBRUIKAIRLESS-SPUIT

aanbevolen verdunning  
hoeveelheid verdunning  
spuitopening  
druk op spuitopening

Sigma verdunning 91-79 (vlampunt 26°C)  
25-30 vol.%  
ca. 0,43 mm (= 0,017 inch)  
10-15 MPa (= ca. 100 - 150 atm)

LUCHTSPUIT

aanbevolen verdunning  
hoeveelheid verdunning  
spuitopening  
druk op spuitopening

Sigma verdunning 91-79 (vlampunt 26°C)  
25-30 vol.%  
1,5 - 3 mm  
0,2 - 0,3 MPa (= 2-3 atm)

KWAST

aanbevolen verdunning  
hoeveelheid verdunning

Sigma verdunning 91-79 (vlampunt 26°C)  
0-3 vol.%

REINIGINGSVERDUNNING

Sigma verdunning 90-53 (vlampunt 30°C)

VEILIGHEIDSMATREGELEN

verf die de huid of de slijmvliezen kan irriteren of aantasten



inademing van dampen en stof is schadelijk

zie veiligheidsaanwijzingen, bladen 1430 en 1431

zie blad 2

blad 2; februari 1983

minimum hoeveelheid aan te  
voeren ventilatielucht voor:

1 liter verf	a. om 10% LEL te bereiken = 124 m <sup>3</sup>
	b. om TLV (MAC) te bereiken = 1174 m <sup>3</sup>
1 liter verdunning 91-79	a. om 10% LEL te bereiken = 183 m <sup>3</sup>
	b. om TLV (MAC) te bereiken = 2106 m <sup>3</sup>
1 liter verdunning 90-53	a. om 10% LEL te bereiken = 185 m <sup>3</sup>
	b. om TLV (MAC) te bereiken = 2181 m <sup>3</sup>

E.E.G. gevarencodering

R10:	ontvlambaar
R42/43:	kan overgevoeligheid veroorzaken bij inademing en contact met de huid
S23:	sputnevel niet inademen
S38:	bij ontoereikende ventilatie een geschikt masker dragen
S20/21:	niet eten, drinken of roken tijdens gebruik

#### AANVULLENDE GEGEVENS

praktisch uitstrijkrendement Het praktisch uitstrijkrendement hangt af van een aantal factoren, zoals vorm van het object, conditie en profiel van het oppervlak, applicatiemethode, ervaring, weersomstandigheden.  
Het wordt dikwijls geschat op ongeveer 75% van het theoretisch rendement.  
Voor kalkulatiedoeleinden is een tabel beschikbaar

9602-130976



# static-care b.v.

## LIJNBEVEILIGINGEN. \*\*\*\*\*



Naast de range POLYPHASER-beveiligingen, valt ons lijnbeveiligingsprogramma onder te verdelen in de volgende categorieën:

1. Universele lijnbeveiligingen (modulaire opbouw) 5 tot 30 Volt
2. Interface beveiligingen (b.v. RS 232/V24 e.d.)
3. P.T.T. lijnbeveiliging
4. TWINAX lijnbeveiliging

### UNIVERSELE LIJNBEVEILIGINGEN.

Deze range beveiligingen kent een modulaire opbouw, d.w.z. dat deze beveiligingen naar behoefte kunnen worden samengesteld uit twee modules (lijn + 0) of b.v. 37 modules (36 lijnen + 0). Afhankelijk van de toepassing, kan gekozen worden voor een uni-direktionele of een bi-direktionele uitvoering. Voor beide uitvoeringen geldt een vermogen van 1,5 kW / 1 ms exponentiële impuls; 18 kW / 8-20  $\mu$ s (bliksem-) impuls.

Maximale stroom in geleidingsrichting (bij uni-direktionele uitvoering)  
 $I_{FSM} = 250 \text{ A} / 10 \text{ ms}$ .

De modules worden op DIN-rail gemonteerd en voorzien van een afdek-klep. Het beveiligingsdeel van deze modules is eenvoudig uitwisselbaar. Voor inbouw zijn de modules te monteren op DIN-rail EN 50035 (15 x 32 mm)  of DIN-rail EN 50045 (15 x 5 mm) .

type:	$I_{RM}$ bij $V_{RM}$		$V_{BR}$			$I_R$	$V_{CL}$ bij $I_{PP}$		$V_{CL}$ bij $I_{PP}$	
	$\mu A$	V	Min.	Nom.	Max.		V	A	V	A
LB-5	300	5	6	-	-	1	7,6	30	8,5	120
LB-12	5	12,8	14,3	15	15,8	1	21,2	70	27,2	660
LB-15	5	15,3	17,1	18	18,9	1	25,2	60	32,5	555
LB-18	5	18,8	20,9	22	23,1	1	30,6	50	39,3	460
LB-24	5	25,6	28,5	30	31,5	1	41,4	36	53,5	335
LB-30	5	30,8	34,2	36	37,8	1	49,9	30	64,3	280

$I_{FSM}$  = Forward Surge Max. Current  
 $I_{RM}$  = Reversed Max. Current  
 $V_{RM}$  = Reversed Max. Voltage  
 $V_{BR}$  = Breakdown Voltage

$I_R$  = Reversed Current  
 $V_{CL}$  = Current-Load Voltage  
 $I_{PP}$  = Peak-impuls Current

# static-care b.v.

## FUSADEE OVERSPANNINGSBEVEILIGING

Technische specificatie \*

### FUSADEE

Type	FUS 5		FUS 15
Aanspreekspanning, nominaal			480 V
Aanspreekspanning, maximaal			600 V
Impulsvermogen, maximaal	5 kW		15 kW
Aanspreektijd	$10^{-12}$ s (één picosec)		
Polariteit	bidirectioneel		
Afmetingen (lengte x diameter)	38x10,3 mm		51x14 mm

### HOUDER

Aanrakingsvrij	
Goedgekeurd volgens IEC-normen 296-2 en 408	
Afmetingen (exclusief lip, lxbxh)	81x17,6x60 mm   95x26,3x75 mm

### TESTAPPARAAT

Voedingsspanning, nominaal	220 V 50/60 Hz
Voedingsspanning, minimaal	210 V 50/60 Hz
Werking	unidirectioneel
Afmetingen, zonder testhouder (lxbxh)	60x35x44 mm

### UITVOERING

2 Houders (mono-fase) resp. 4 houders (drie-fase) met testapparaat en testhouder op rails, bedraad en gemonteerd in kunststof kast.

Afmetingen:

type FUS - M05 (mono-fase, 5 kW)
FUS - T05 (drie-fase, 5 kW)
FUS - M15 (mono-fase, 15 kW)
FUS - T15 (drie-fase, 15 kW)

#### AFMETINGEN NORMKAST

220 x 220 x 87 mm

\* wijzigingen voorbehouden

## FUSADEE TECHNISCHE BESCHRIJVING

### INSTALLATIE

Alle elektrische en elektronische apparaten, die "voorbij" de FUSADEE-overspanningsbeveiligingsapparatuur zijn aangesloten, worden volledig beschermd tegen overspanningen op het laagspanningsnet. Installatie van de FUSADEE-apparatuur vindt plaats direct na de smeltveiligheden en de aardlekschakelaar met een zo kort mogelijke verbinding met de veiligheidsaarde. (bij het prinsipeschema van de aansluiting (fig. 1) is ook het schemasymbool van de FUSADEE-overspanningsbeveiliging gegeven)

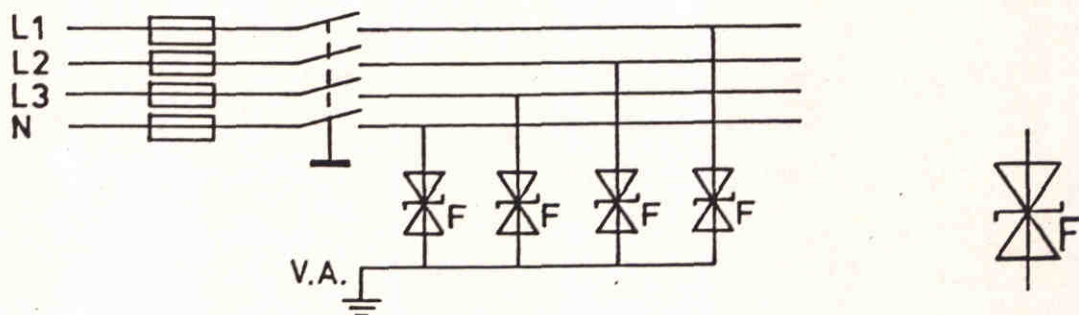


fig. 1 Bescherming door FUSADEE-overspanningsbeveiligingen

symbool

### WERKING

De werking van de beveiliging wordt door twee aspecten bepaald:

#### Laagenergetische overspanningen

Alle net-overspanningen van meer dan ca. 500 Volt (zie fig. 2) tot een bepaald impulsvermogen (zie fig. 3) worden geëlimineerd. Dit gebeurt met een aansprektijd van minder dan één picoseconde ( $10^{-12}$  sec). Deze snelheid is noodzakelijk voor een werkelijk zinvolle bescherming. Een gasontladingsbuis of een varistor, met aansprektijden van resp. één microseconde en één nanoseconde, zijn te traag om een volledige bescherming te garanderen.

#### Hoogenergetische overspanningen

Als het vermogen van een overspanning te groot is (zie fig. 3, het gebied boven de kromme) smelt de FUSADEE samen en laat de aardlekschakelaar in werking treden of een smeltveiligheid doorsmelten. Gedurende dit proces, zal de spanning op de aangesloten apparatuur beperkt blijven tot enkele volts, zonder dat er een overshoot optreedt. Dit, dankzij de zeer lage restspanning van een samengesmolten FUSADEE. Kans dat de FUSADEE door zeer grote stromen weer zal onderbreken is er niet. Laboratoriumproeven hebben aangetoond dat dit pas gebeurt bij stromen groter dan 100.000 Ampère. Deze waarden komen in de praktijk niet voor.

In beide gevallen vormt de FUSADEE-overspanningsbeveiligingsapparatuur een afdoende bescherming van de elektrische en elektronische apparatuur en de bijbehorende installatie.

## DUAL CHANNEL DC BRIDGE AMPLIFIER C/SC1621

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

#### CONFIGURATION

2 Amplifiers per Modules with  
1 Excitation Supply each,  
configurable for Constant Voltage  
Mode or Constant Current Mode,  
2 exchangeable plug-in Filter Modules

#### AMPLIFIER

Input Configuration  
Input Impedance  
Input Overvoltage Protection  
Input Offset Voltage  
Input Offset Voltage Drift  
Gain  
  
Gain Accuracy  
Gain Drift  
Linearity  
Bandwidth (-3 dB)  
  
Common Mode Voltage  
Common Mode Rejection Ratio (50 Hz)

True differential,  
10 MOhms min.  
+35 V continuous  
100  $\mu$ V (at Gain = 1000)  
1  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C (at Gain = 1000)  
DIL-Switch selectable 10, 100, 1000,  
presettable within the range 1 : 10,  
via Resistor, +2 % of the preset  
Value via Frontside Potentiometer  
+0.1 %  
50 ppm/ $^{\circ}$ C  
0.1 %  
Gain 10 = 10 kHz  
Gain 4000 = 1 kHz  
+10 V  
Gain 10 = 90 dB  
Gain 100 = 100 dB  
Gain 1000 = 110 dB

Input Voltage  
Input Noise Voltage  
Input Noise Voltage 1 kHz  
Output  
Output Load

+10 V max.  
1  $\mu$ V<sub>pp</sub> (at Gain = 1000)  
5  $\mu$ V/Hz  
+10 V/+5 mA short Circuit protected  
according to 200 m cable, 50 nF max.

#### EXCITATION

Constant Voltage Mode

+2.5 V, +5 V, Switch selectable  
per Channel, adjustable +1 % via  
Frontside Potentiometer, Output Current  
max 40 mA

Constant Current Mode

1mA, 2mA, 3mA, 4mA, 5mA Switch Selectable  
per Channel adjustable +1 % via Frontside  
Potentiometer, applied Voltage 18 V max.

Accuracy of selected Values  
Drift  
Bridge Connection

0.2 %  
50 ppm/ $^{\circ}$ C  
4- or 6 Wire for constant  
Voltage Mode

Bridge Configuration

4 Wire for constant Current Mode  
1/1, 1/2, or 1/4 active Arm  
with internal completion Resistors

#### OFFSET

Setting

10-steps DIL switch with  
+ 100, 200, 300, 400, 500 %  
- 100, 200, 300, 400, 500 %  
2 Frontside Potentiometers with coarse  
and fine adjustment course with +60 %  
within selected range, fine +1 %, one  
fixed value Resistor has to be added  
for a specific selected gain

## DUAL CHANNEL DC BRIDGE AMPLIFIER C/SC1621

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

#### CALIBRATION

Programming

Via C4000 Menu-driven

Operation

Via Relays

Mode "Cal 0"

Amplifier Inputs connected to 0 V, Output shows preset offset for  $G = 10$

Mode "Shunt"

Shunt Resistor in parallel to one Bridge Arm

Mode "Cal Ext"

Amplifier Input connected

Mode "Data"

to external Calibration Inputs

External Calibration

Amplifier Inputs connected to Sensor

Input

One Current or Voltage Input per Channel, with optional internal Shunt on Solder

Terminals for Voltage Calibration

#### FILTER

Type

6-pole low Pass Bessel

Cut-off Frequency ( $F_c$ ) Range

2.5 Hz to 10 kHz, fixed per exchangeable plug-in Module per Amplifier

$F_c$  Accuracy

$\pm 2\%$

#### PROGRAMMING AND

#### DECODING INTERFACE

C4000 DAT Bus compatible

#### POWER SUPPLY

$\pm 15$  V/ $\pm 80$  mA,  $\pm 5$  V/50 mA

excluding Sensor Supply

#### MECHANICAL

Dimension/Form Factor

100 x 220 x 20 mm<sup>3</sup>/Extended Eurocard

Bus Connector

96-Pole VG DIN 41612 for Power Supply, DAT Bus Programming; Amplifier-Signal Inputs, External Calibration Inputs

Sensor Connector

Lemo EGG 1B307CNL,

Test Connector

7-Pole female per channel

9S Sub-D Connector with

2 x Amplifier Output Monitor,

2 x Excitation Monitor

2 x External Calibration

Output Connector

Miniature Type Binder, 3-pole female

(to C/MX0320)

09-0078-00-03, for both channels commonly

#### ENVIRONMENTAL

Operating and Storage

0-50°C

Temperature Range

Humidity

90 % non condensing

## PRESETTING THE C/SC1621

### 1. GAIN and OFFSET adjust

#### 1. Shorten $\pm$ Amplifier Input to GND

Pin 3 + Input

Pin 4 - Input

Pin 5 GND

#### 2. Switch DIP "OFFSET" all in OFF Position

#### 3. Measure at R $\emptyset$ near IC2 and adjust with Potentiometer P5 to $\emptyset$ (This adjusts the "Preset Offset" to $\emptyset$ )

#### 4. Calculate Total Gain

Total Gain =  $10 \times \text{Selected Gain with}$   
 $(10K + R_{\text{Gain}})$

"DIP GAIN"  $\times \frac{10K}{10K}$

#### 5. Select Gain of Amplifier IC4 with DIP "GAIN"

GAIN	DIP	SECTION
------	-----	---------

	ON	OFF
--	----	-----

1	1/2	3/4, 5/6
10	3/4	1/2, 5/6
100	5/6	1/2, 3/4

#### 6. Insert calculated $R_{\text{GAIN}}$ on Solder Terminals ( $R_{\text{GAIN}} = R_{\emptyset}$ for offset Programming, see II)

#### 7. Measure at IC4 Pin 6 (or 7 or 8) and adjust with Potentiometer P3 to $\emptyset$ (This adjusts the "Amplifier offset to $\emptyset$ )

#### 8. Adjust Amplifier offset to $\emptyset$ with

Potentiometer P6 for G = 1

P7 for G = 10

P8 for G = 100

to be measured at IC4 Pin 15

9. Adjust Filter Offset to  $\emptyset$

Measure at Amplifier Output (Test Connector Pin 6, or 1 for Channel B)  
Adjust to  $\emptyset$  at Potentiometer P9.

10. Gain Adjust

Input of F.S.R. Input Signal

Pin 3 + Input  
Pin 4 - Input, connected to  
Pin 5 GND

Adjust Frontpanel Poti "Gain A" (or B) to Midpoint Position (30 Turns total)

Measure Output Voltage at Binder connector (Pin 1 or 2) and adjust to  $+ 10 \text{ V} \pm 1 \%$  with P1 Potentiometer.

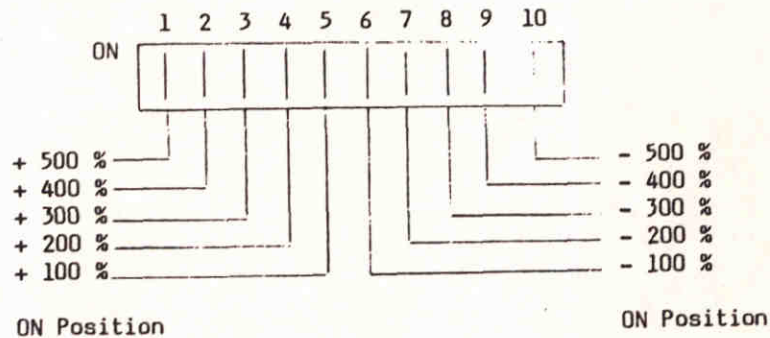
Fine adjust with Frontpanel Potentiometer "Gain A" (or B).

11. PRESET OFFSET

Insert specified Sensor Offset Voltage to Amplifier Input

Pin 3 + Input  
Pin 4 - Input  
Pin 5 GND

Select Coarse Offset Range with DIP "Offset" Channel A or B for minimum output Voltage



Adjust with P5 Amplifier Output to  $\emptyset$ .  
Fine Adjust with Frontpanel Potentiometer "Offset A" (or B).

12. Check Presettings and Amplifier Function:

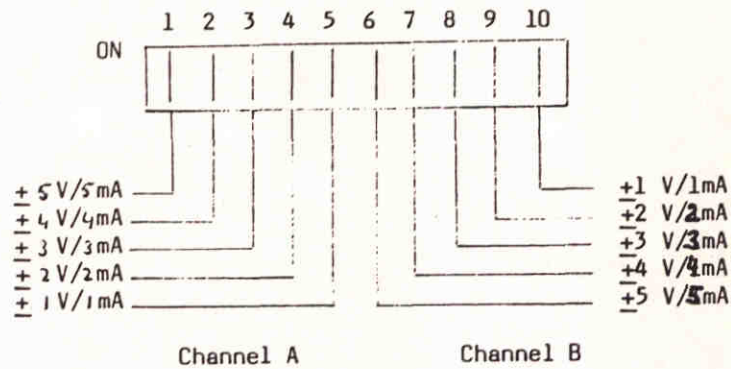
Insert Specified Sensor Offset Voltage

+ F.S.R. Input Voltage at Amplifier Input, Output must show + F.S.R.  
(+ 10 V).

Insert Specified Sensor Offset Voltage

- F.S.R. Input Voltage at Amplifier Input, Output must show - F.S.R.  
(- 10 V).

II. EXCITATION PRESET



Only one Switch Position is valid!



TESTGERÄTE 9-pin

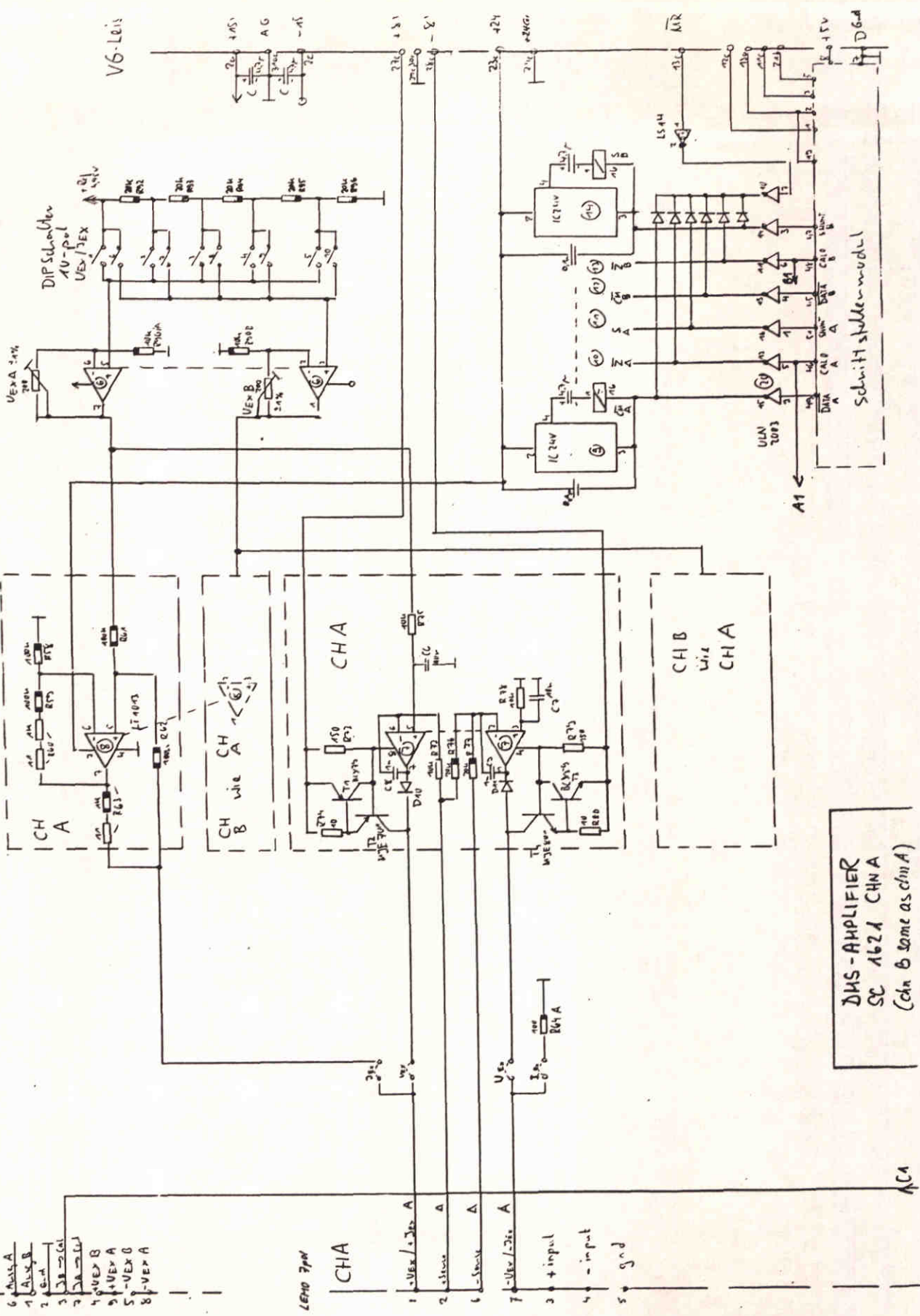
- 6 - U<sub>EX</sub> A
- 1 - U<sub>EX</sub> B
- 2 - GND
- 3 - U<sub>EX</sub> C
- 4 - U<sub>EX</sub> D
- 5 - U<sub>EX</sub> E
- 8 - U<sub>EX</sub> F

LEMO 7-pin

CH A

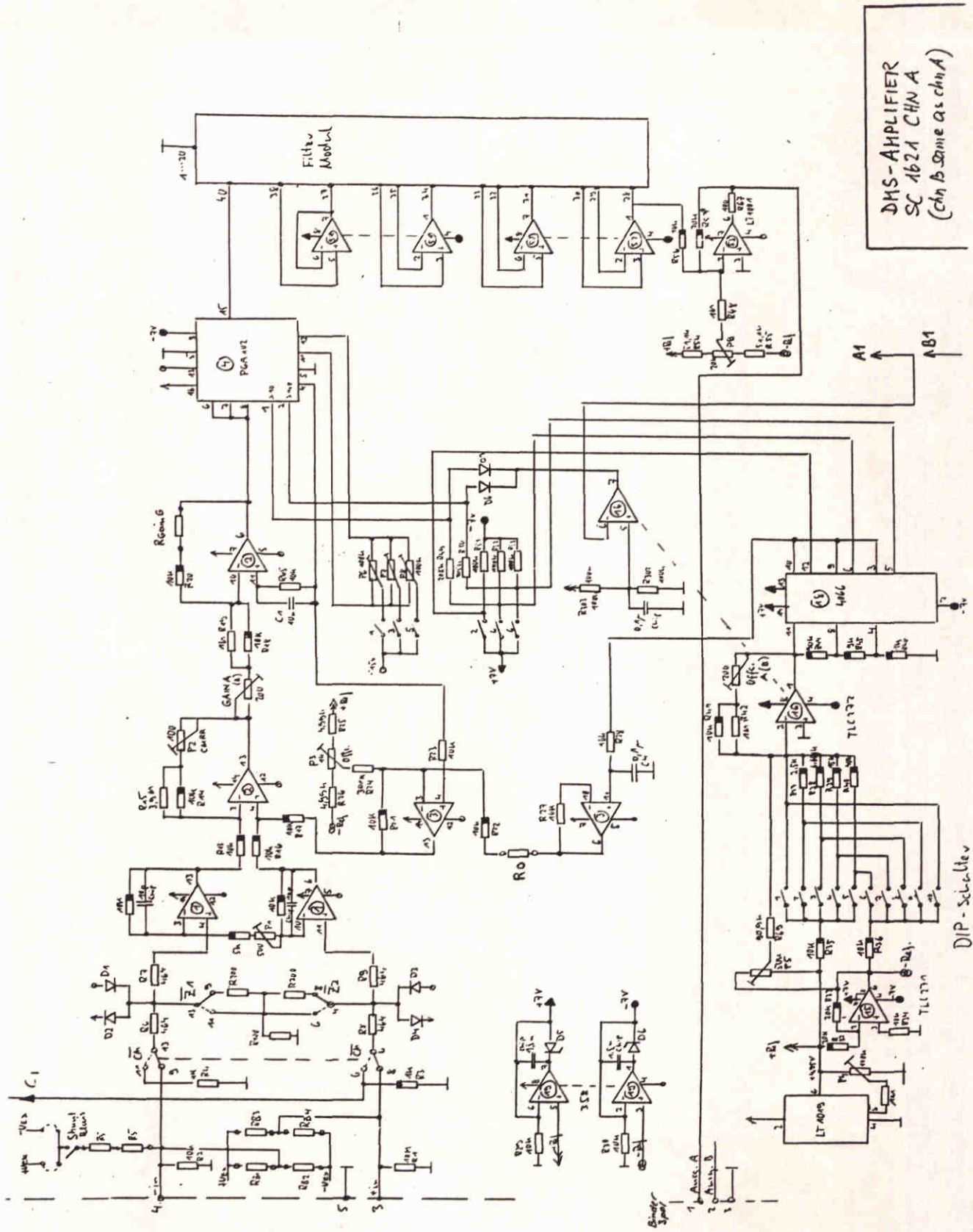
- 1 - U<sub>EX</sub> / -2x A
- 2 - Masse
- 6 - Masse
- 7 - U<sub>EX</sub> / -2x A
- 3 - +input
- 4 - -input
- 5 - GND

AC4

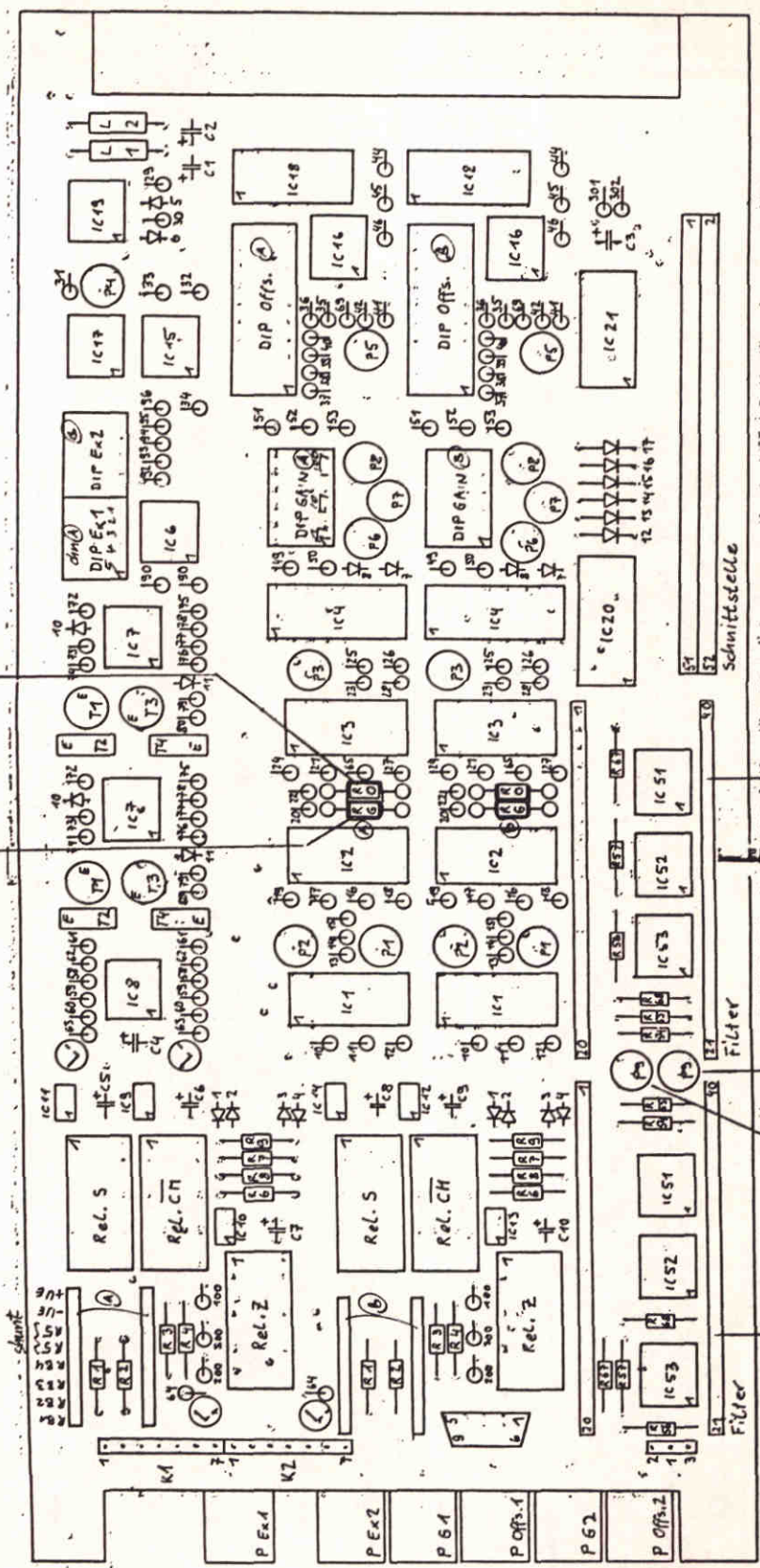


V6-Leis

DMS-AMPLIFIER  
SC 1621 CH A  
(Chn B same as chn A)



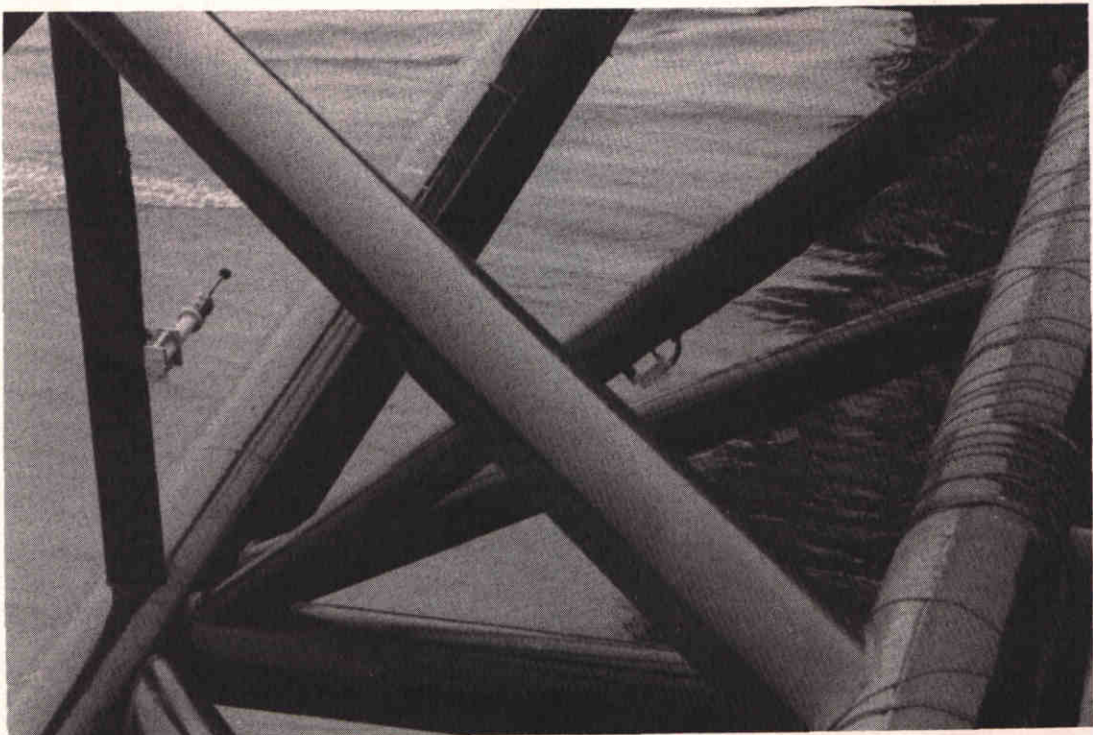
R gain Ch a



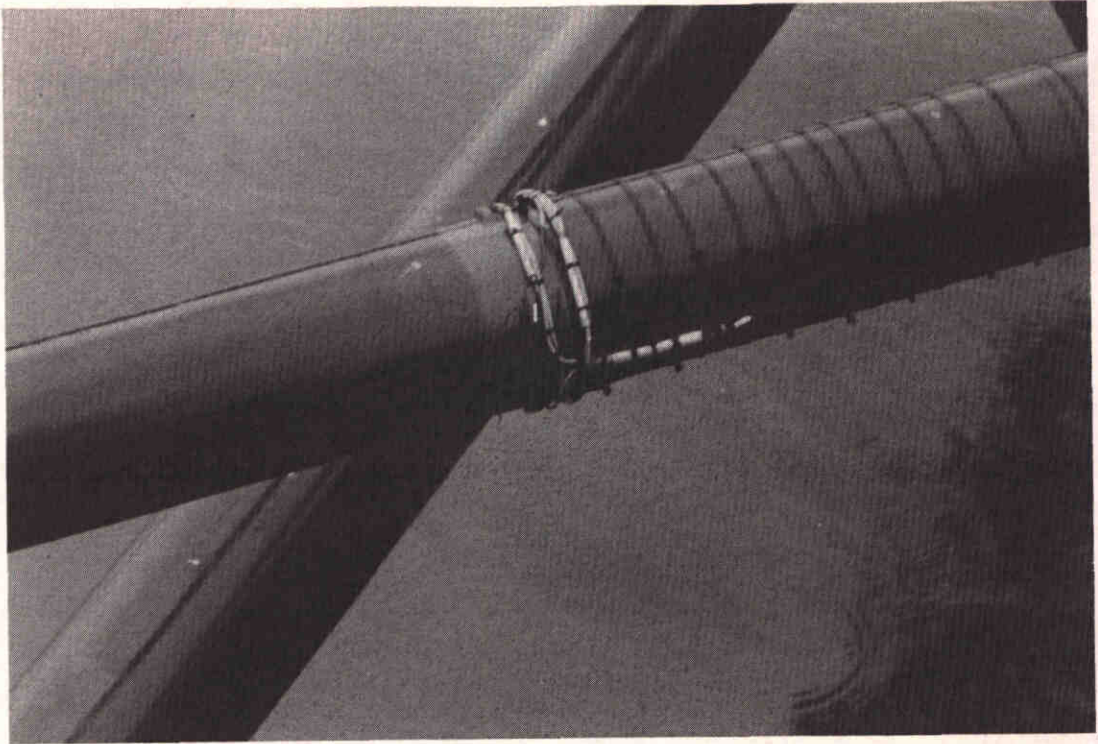
St 1621  
Blockdiagram



1. Schuif S13 met opnemers



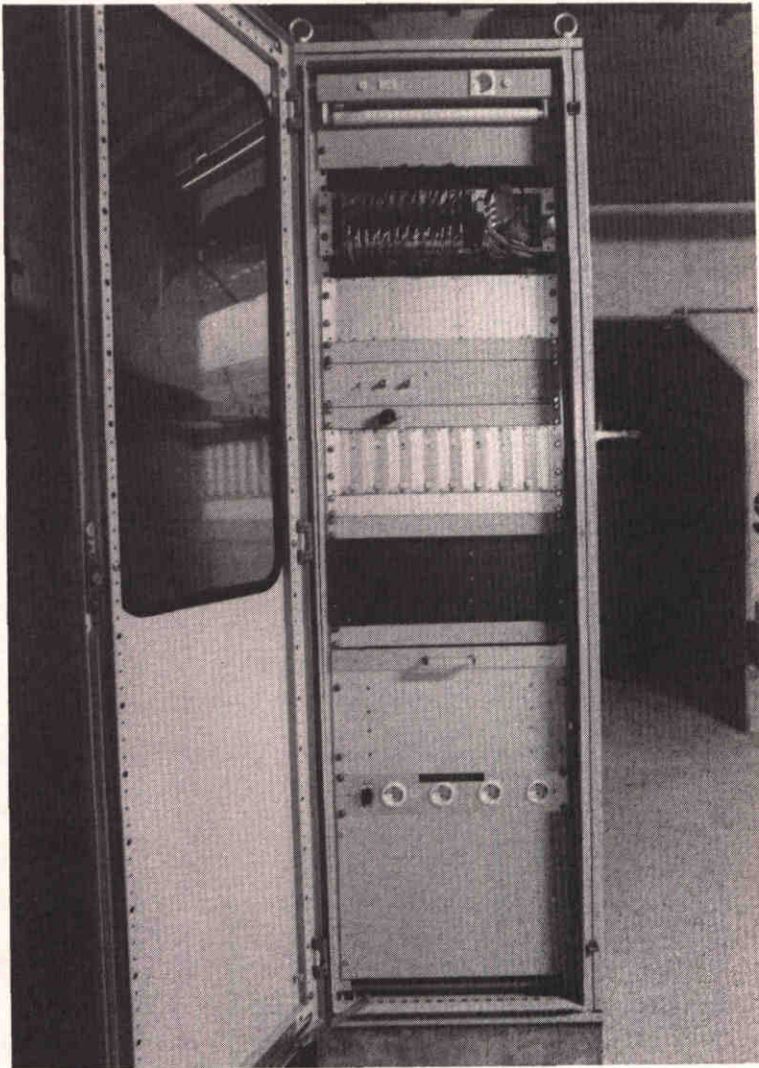
2. Schuif S13. Snelheidsmeter S1, versnellingsopnemers V7a/b en V8a/b



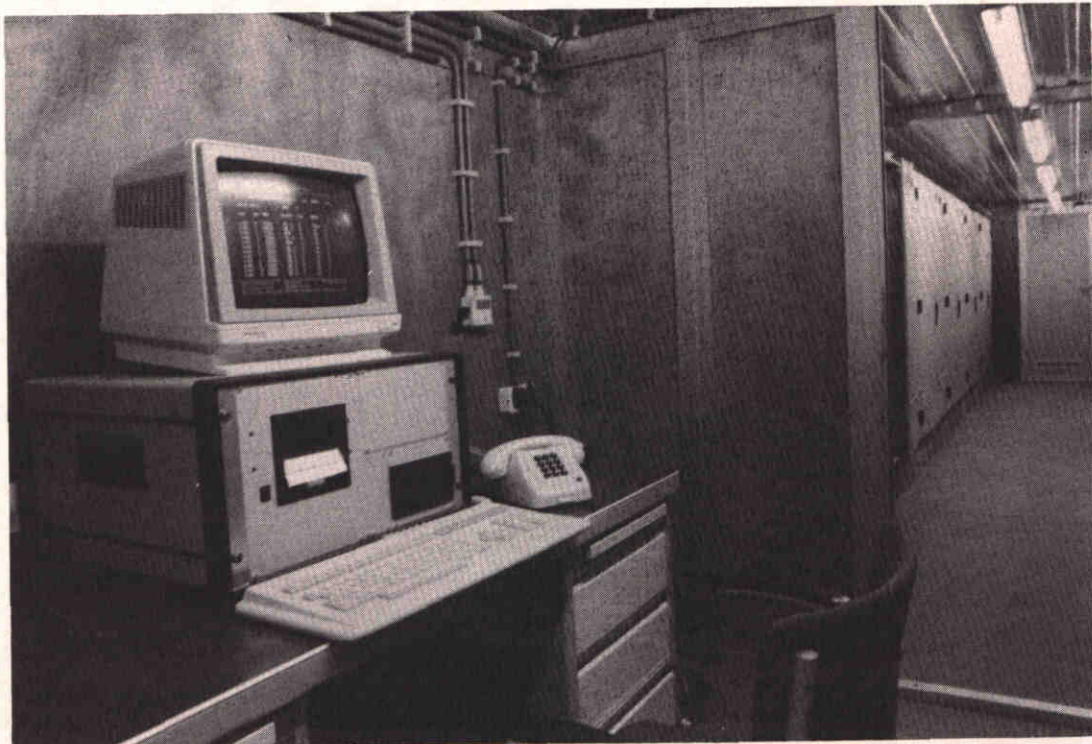
3. Schuif S13. Rekstrookbrug R1



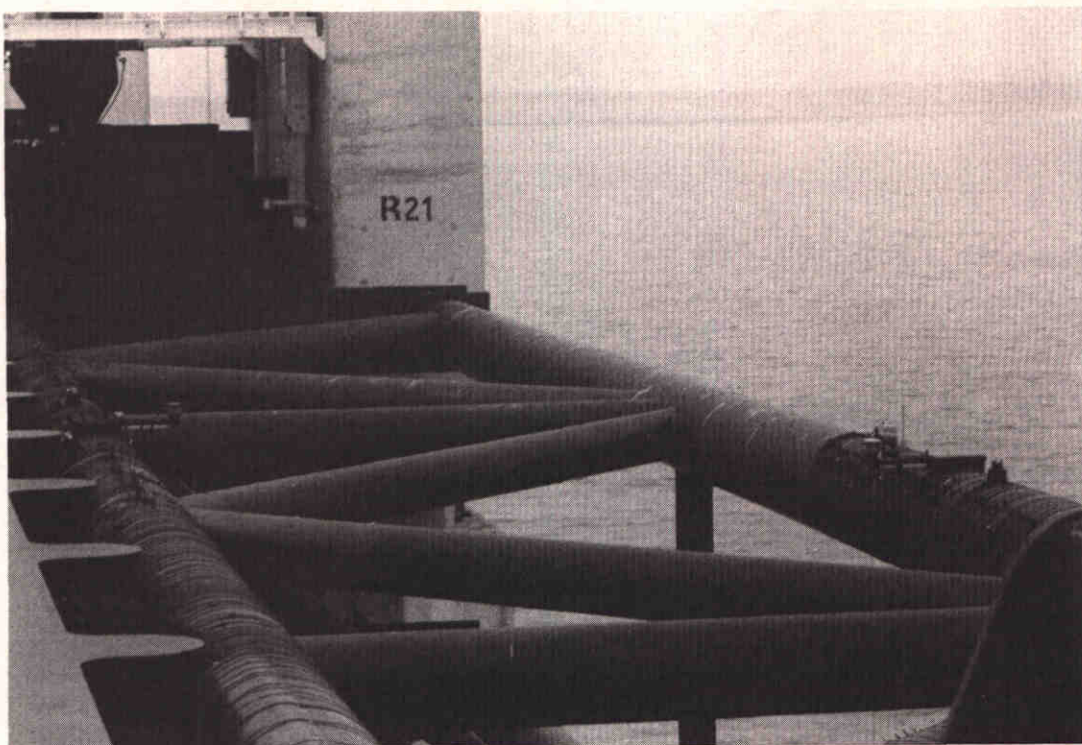
4. Schuif S13. Kabelketting in schuifspinning



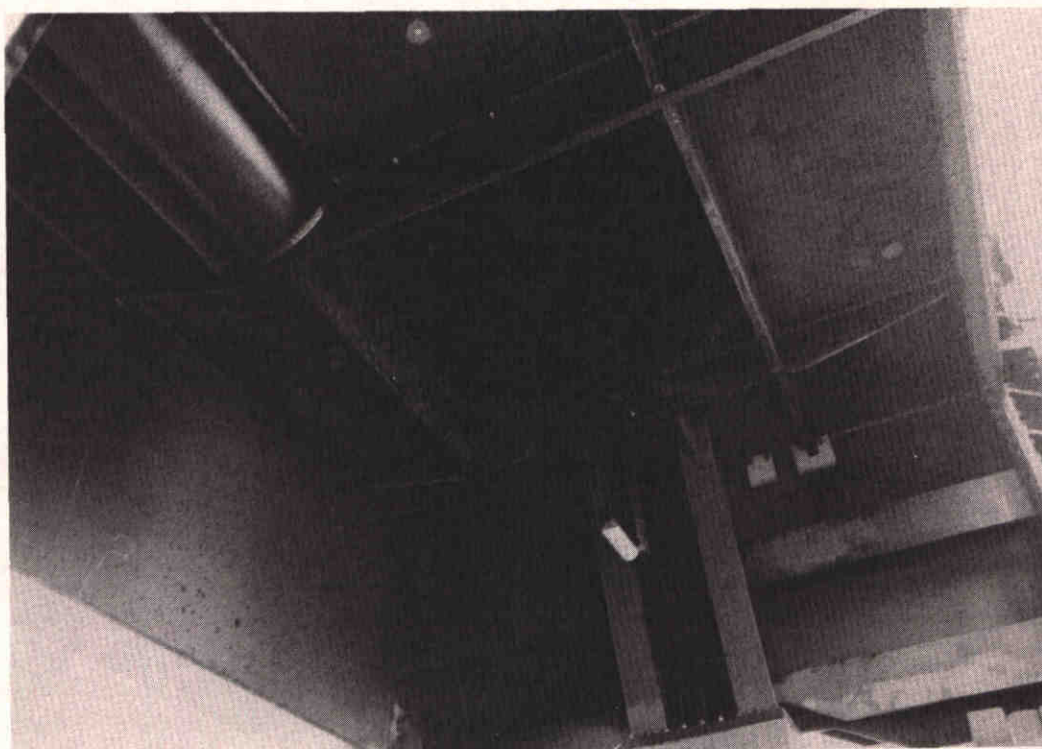
5. Meetversterkerkast  
(MVK) in verkeerskoker S12



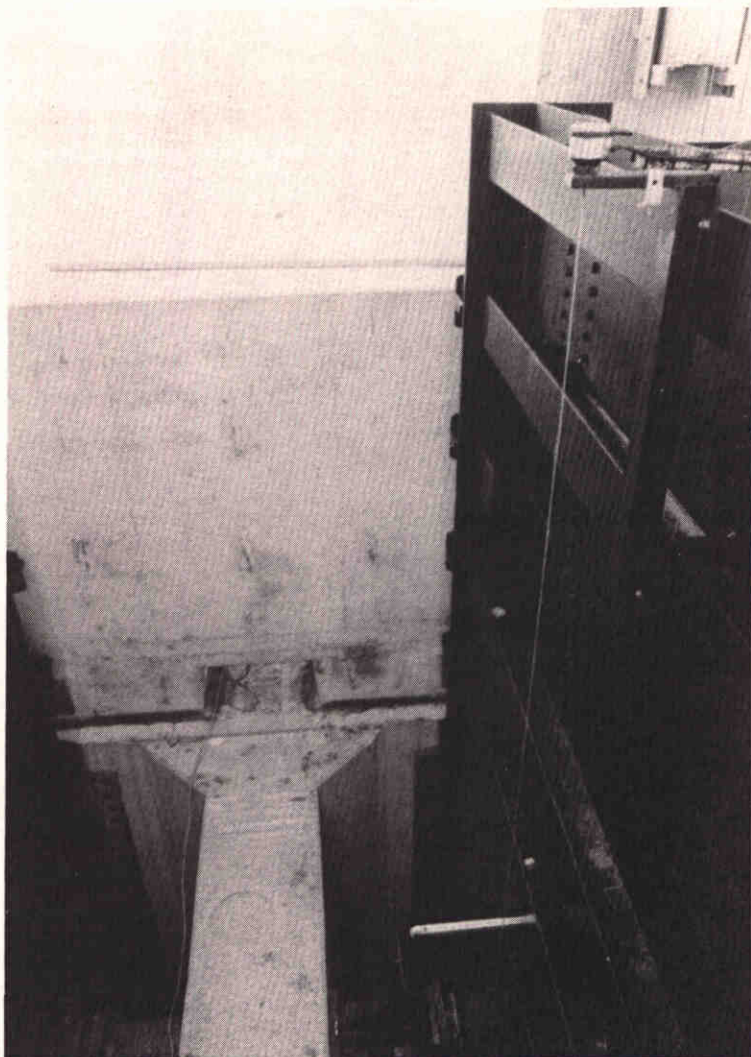
6. Local Processing Unit (LPU) in gebruik



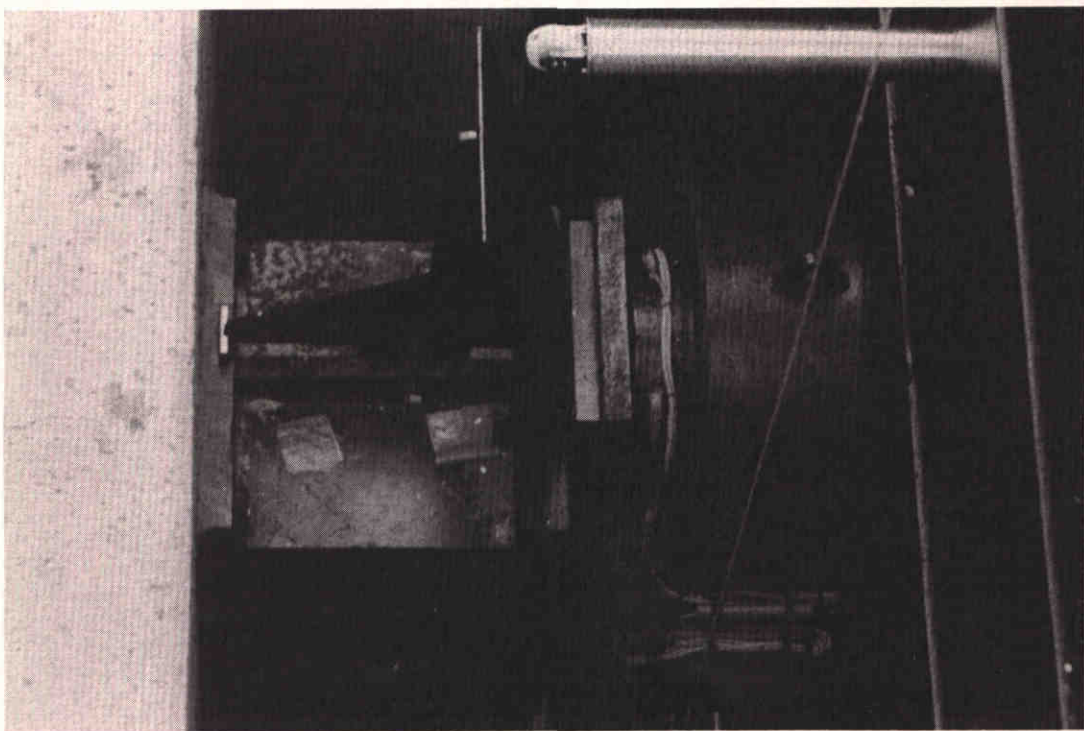
7. Schuif R21 met opnemers



8. Schuif R21. Drukopnemers en waterspiegelmeter in  
onderste horizontale schot, zuidelijke eindkoker. (foto RWS)

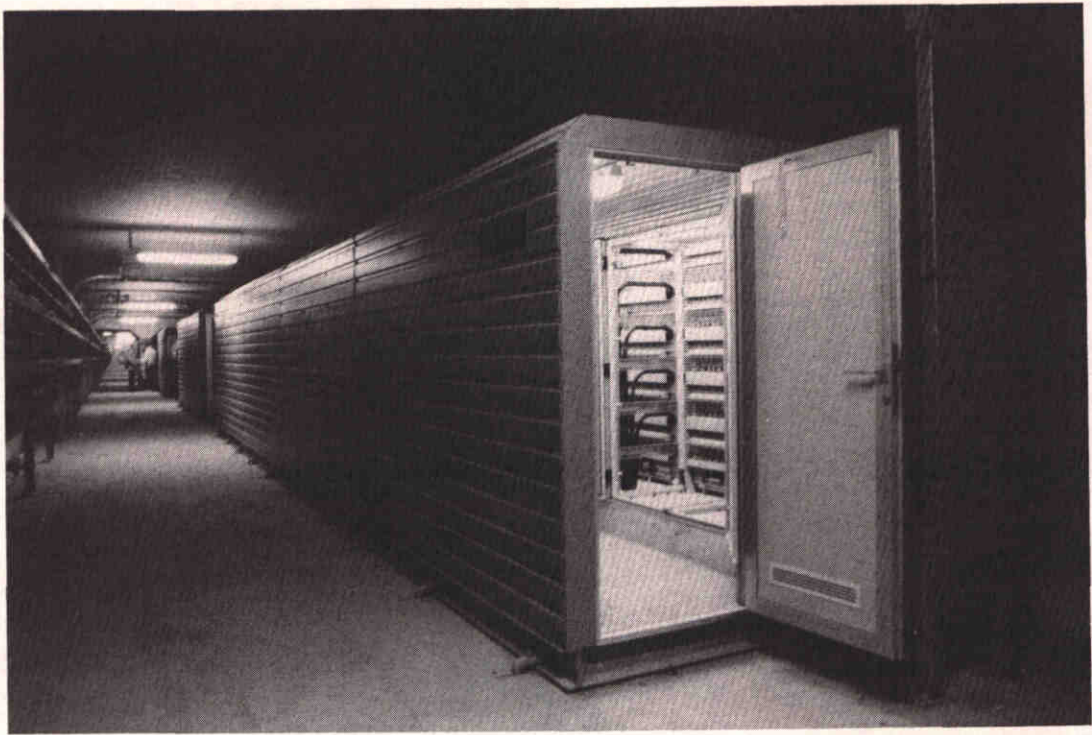


9. Schuif R21.  
Waterspiegelmeter W1,  
en afstandsmeter L1 in  
zuidelijke schuifspinning



10. Schuif R21. Afstandsmeter L1 en rekstrookbrug R16 op zijaanslag





11. Konditiebewakingscontainer (KBC) in verkeerskoker R21



12. Main processing Unit (MPU) in het Topshuis



■ locatie de voorst  
voorsterweg 28  
marknesse

postbus 152  
8300 ad Emmeloord

telefoon (0 52 74) 29 22  
telex 42290 hylvo-nl  
telefax (0 52 74) 35 73

amsterdam ■



■ hoofdkantoor  
rotterdamseweg 185  
delft

postbus 177  
2600 mh delft

telefoon (0 15) 56 93 53  
telex 38176 hydnl-nl  
telefax (0 15) 61 96 74

**waterloopkundig laboratorium | wl  
advisering & research**