

NIE-VERREKENBARE WATER VAN
WATERVERSPREIDINGSNETWERKE

deur

WILHELM KOSCHADE

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van
die vereistes vir die graad

MSc (ING) (WATERBENUTTING)

IN DIE FAKULTEIT INGENIEURSWESE
UNIVERSITEIT VAN PRETORIA
PRETORIA
30 APRIL 1978

(ii)

SUMMARY

UNACCOUNTED FOR WATER OF
WATER DISTRIBUTION NETWORKS

by

WILHELM KOSCHADE

UNDER THE SUPERVISION OF PROF F A VAN DUUREN IN THE

DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE MSc (ENG) WATER UTILIZATION

The Subject of this thesis is Unaccounted for Water (UAW) of Water distribution Networks. Various causes and factors are responsible for the UAW of networks. These have been studied together with various methods of control.

Four components make up the UAW of networks with some being of bigger importance, especially actual losses, than others. These components are:

- . actual losses due to leaks which are economically repairable
- . unavoidable losses due to small leaks which are not economically repairable
- . apparent losses due to underregistering stand meters
- . unmetered draw-offs via hydrants and flushing valves.

(iii)

Water meters are used to determine the UAW of a closed network by means of measurements on both sides of the network. Inaccurate slow meters can be the cause of the UAW being much larger than otherwise.

Pipe materials and construction methods have been studied in as far as it concerns the UAW. Low quality materials and bad construction methods lead to increases in the UAW.

Leaks in a network have an influence on the UAW and therefore various methods of leak detection have been developed. Field investigations concerning these various leak detection methods were carried out and these methods were evaluated.

From results of these field investigations it became clear that a combination of methods was most suitable for leak detection and water loss control. These methods include the visual method as well as sounding devices and waste detection meters.

(iv)

SAMEVATTING

NIE-VERREKENBARE WATER VAN
WATERVERSPREIDINGSNETWERKE

deur

WILHELM KOSCHADE

ONDER LEIDING VAN PROF F A VAN DUUREN VAN D

DEPARTEMENT CHEMIESE INGENIEURSWESE

VOORGELÊ TER GEDEELTELIKE VERVULLING

VIR DIE GRAAD MSc (ING) WATERBENUTTING

Hierdie verhandeling handel oor Nie-verrekenbare water (NVW) van pypnetwerkstelsels, oorsake wat daartoe lei sowel as die verskillende faktore wat daarby betrokke is. Verskillende wyse waarop die NVW van 'n netwerk bepaal kan word, word ondersoek en metodes vir die vermindering van NVW word bespreek.

NVW van pypnetwerkstelsels bestaan uit vier komponente. Sekere van hierdie komponente is van groter belang, veral werklike verliese, as ander. Die volgende vier komponente kan onderskei word:

- . werklike verliese as gevolg van lekkasies wat ekonomies herstelbaar is
- . onvermydelike verliese as gevolg van klein lekkasies wat nie ekonomies herstelbaar is nie
- . oënskynlike verliese as gevolg van stadige perseelmeters aan die leweringskant
- . ongemeterde aftrekkings deur brandkrane en spoelkleppe.

(v)

Watermeters en hulle akkuraatheid het 'n baie definitiewe invloed op die NVW van 'n netwerk. So byvoorbeeld kan daar 'n aansienlike toename in die NVW voorkom indien meters nie die korrekte volumes wat deur hulle vloei, registreer nie.

Pypmateriale en konstruksiemetodes het 'n invloed op NVW en is ondersoek. Indien lae kwaliteit materiaal gebruik word en verkeerde installasie metodes gebruik word lei dit tot meer lekkasies en 'n hoër NVW.

Lekkasies in 'n netwerk het 'n invloed op die NVW. As gevolg hiervan is verskeie metodes van lekkasie opsporing ontwikkel. Hierdie verskillende metodes van lekkasie opsporing is in die veld ondersoek om sodoende die bruikbaarheid en geskiktheid van elk te evalueer.

Resultate van hierdie ondersoeke dui daarop dat 'n kombinasie van metodes die mees geskik voorkom vir lekkasie opsporing en waterverliesbeheer. Hierdie metodes bestaan hoofsaaklik uit visuele naspeur, soniese sporing sowel as verliesvloeieters.

(vi)

ERKENNINGS

Hiermee my dank aan Prof F A van Duuren vir sy bekwame leiding tydens die uitvoer en opstel van hierdie verhandeling.

Hartlike dank word ook uitgespreek aan die Wateringenieursafdelings van die Stadsrade van Kaapstad, Pretoria en Johannesburg en spesifiek aan mnre D E Hodson, W Dalgleish en D S Gebhardt wat respektiewelik verbonde is aan hierdie instansies.

'n Verdere woord van dank word uitgespreek aan die Waternavorsingskommissie wat goedkuntiglik toegestem het dat werk uitgevoer vir 'n projek in hierdie verhandeling gebruik kan word.

<u>I N H O U D S O P G A W E</u>	<u>Bladsy</u>
1. INLEIDING	1
2. LITERATUUROORSIG	5
2.1 NVW VIR PYPNETWERKSTELSELS	6
2.2 WATERMETERING	13
2.3 PYPGELEIDINGS	29
2.4 METODEDES VAN LEKKASIEOPSPORING EN DIE BEPALING VAN NVW	42
3. EKSPERIMENTELE WERK EN VELDONDERSOEKE	55
3.1 VELDONDERSOEKE NA PYPMATERIALE EN KONSTRUKSIEMETODES	55
3.2 VELDONDERSOEKE NA NVW EN SY KOMPONENTE	59
3.3 BESPREKING VAN RESULTATE	83
4. GEVOLGTREKKINGS	88
VERWYSINGS	92
AANHANGSEL A - MODEL SPESIFIKASIE	
VRAELYS NO. 1	
ONDERSOEKLYS NO. 1	

1. INLEIDING

1.1 Probleemstelling

Die doel met hierdie studie en ondersoek was om die Nie-verrekenbare water van verskeie pypnetwerkstelsels, tesame met die orde grootte van die verskillende komponente te bepaal. Dit het literatuur- en veldondersoeke na meters en pypmateriale asook ondersoeke na metodes van voorkoming en beheer van werklike verliese, ingesluit.

Werklike verliese, wat 'n groot deel uitmaak van die NVW van 'n netwerkstelsel, is van besondere ekonomiese belang. Dit is ook van kardinale belang indien daar 'n basiese tekort aan water in die omgewing waar dit benodig word, bestaan.

Suid-Afrika het beperkte waterbronne en tekorte aan water sal al hoe meer 'n realiteit word namate die bevolking van die land toeneem. Water moet dus doeltreffend en doelgerig aangewend word vanaf die ontginningstadium tot by die uiteindelijke verskaffing daarvan aan die verbruiker. Verliese van alle ordes kom voor by die ontginning, behandeling en verspreiding van water. Indien hierdie verliese nie sover moontlik bekamp word nie kan dit lei tot verpligte uitbreidings aan opgaar, suiweringswerke, reservoirs en verspreidingsnetwerke.

Pypnetwerke is uitgebreid en dus moontlik die grootste en mees feilbare onderdeel van waterverskaffing. Pypnetwerke het dus spesiale aandag nodig en wel in die vorm van watterverliesbeheer en kontrole.

Die terminologie "verliese in pypnetwerke" word baie algemeen in die waterverskaffingsnywerheid gebruik. Hierdie sogenaamde "verliese" wat in pypnetwerke voorkom moet inderdaad eerder as die NVW van 'n netwerk beskryf word en nie slegs as verliese nie. Daar kan verskeie vorms van verliese in die netwerkstelsel voorkom soos byvoorbeeld werklike verliese as gevolg van lekkasies wat

ekonomies herstelbaar is of werklike verliese as gevolg van klein nie-ekonomiese herstelbare lekkasies (onvermydelike verliese). Verder kry ons oënskynlik verliese as gevolg van onakkurate meters en ongemeterde aftrekkings. Hierdie verskeie vorms van verliese kan dus gesommeer word en as die NVW van 'n pypnetwerk uitgedruk word.

NVW van 'n netwerkstelsel word bepaal met behulp van tussenstadiameters (bulk meters) tesame met perseelmeters. Die verskil tussen die volume water gemeet deur die tussenstadiameter aan die een kant en die som van die individuele perseelmeters aan die ander kant verteenwoordig dan die NVW vir die spesifieke pypstelsel vir 'n bepaalde tydperk.

Die NVW van 'n netwerk wat verteenwoordig word deur die verskeie komponente naamlik die reeds genoemde werklike verliese, "verliese" as gevolg van stadige perseelmeters en ongemeterde aftrekkings, kan varieer tussen 6% en 60% of selfs meer van die totaal gelewer. Dit is dus duidelik dat die NVW indirek kan dien as aanduiding van die werklike verliese van 'n netwerk.

Faktore wat 'n direkte invloed op die NVW van 'n netwerk kan hê is onder andere meters en hul akkuraatheid, pypgeleidings, hul kwaliteit en metodes van installasie asook die omvang van waterverliesbeheer en kontrole op die netwerk.

Dit is belangrik dat die omvang en grootte van elke komponent van die NVW van 'n netwerk benaderd bekend moet wees om sodoende aanvaarbare limiete vir elke komponent daar te stel. Hierdie limietwaardes gee 'n aanduiding of 'n netwerk sy maksimum ekonomiese bruikbaarheid op daardie tydstip bereik het. Die toestand van 'n netwerkstelsel bly egter nie konstant nie en derhalwe is dit noodsaaklik dat stelsels op gereelde intervalle gemonitor kan word vir enige verandering en dus 'n verswakking van die vorige toestand.

1.2 Ontwikkeling in hierdie veld

In die Buiteland

Sover vasgestel kan word is geen werk in die buiteland tot op datum oor hierdie spesifieke onderwerp uitgevoer nie. Verwante werk is wel in Engeland uitgevoer waar die NVW met behulp van per kapita verbruiksyfers vasgestel is. Daar is van bogenoemde metode gebruik gemaak aangesien daar in die algemeen geen metering aan die leweringskant van pypnetwerke in Engeland voorkom nie.

Onderzoekmetodes en apparaat vir die opspoor en herstel van lekkasies, wat lei tot 'n afname in die NVW, is in talle Europese lande sowel as die Verenigde State van Amerika reeds goed ontwikkel. In Engeland word daar hoofsaaklik van verliesvloeieters wat bepaalde lengtes pyplyn op 'n maandelikse basis monitor, gebruik gemaak. Water word slegs deur een toevoerpunt, nl. die meter, aan 'n area gelewer en deur minimum nagvloei metings te neem, kan daar vasgestel word of daar 'n lekkasie in dié spesifieke stelsel is al dan nie.

In die Verenigde State van Amerika word soniese spoorapparaat van verskillende grade van sofistikasie gebruik om pyplyne op 'n gereelde basis te ondersoek. Hierdie tipe apparaat neem geluide waar wat voorkom op 'n beskadigde pyplyn en wel op kleppe, brandkrane ens. Die geluide word veroorsaak deur water wat uit die pyplyn onder druk ontsnap. Volgens literatuur word daar nie van verliesvloeieters gebruik gemaak nie en sulke meters word ook nie in die Verenigde State van Amerika vervaardig nie.

In Suid-Afrika

Ontwikkeling op dié gebied is nog redelik beperk in Suid-Afrika.

Slegs een instansie maak van die metode van NVW gebruik om verliesbeheer en kontrole oor sy netwerkstelsel uit te oefen. 'n Paar ander instansies maak wel van 'n eenvoudige tipe soniese apparaat gebruik maar hulle is in die minderheid. Redelik onlangs het 'n sekere instansie van verliesvloeiometers gebruik begin maak en resultate was besonder belowend.

2. LITERATUUROORSIG

Hierdie studie en verhandeling spruit voort uit 'n verslag opgestel deur Prof F A van Duuren vir die Water Navorsings Instituut van die W N N R. Bogenoemde verslag (Ref W11/14/1/4 Oktober 1968) het later aanleiding gegee tot 'n projek wat deur die Universiteit van Pretoria namens die Waternavorsingskommissie uitgevoer is.

Literatuurstudies oor verskeie onderwerpe, onder andere, metering, pypmateriaal en metodes van lekkasieopsporing is uitgevoer.

NVW as 'n studieveld is betreklik jonk met die gevolg dat meeste van die literatuur afkomstig is uit talle ingenieurs tydskrifte wat handel oor die verskillende aspekte van water. Uit die aard van die saak is die nuutste literatuur ook die belangrikste aangesien nuwe gedagtes oor metodes van waterverliesbeheer gedurig besig is om te verander.

Die literatuur wat handel oor metering en pypmateriale is oor die algemeen van toepassing in enige land terwyl dié wat handel oor die metodes van lekkasieopsporing en waterverliesbeheer aansienlik kan verskil van land tot land afhangend van die spesifieke metode van waterverspreiding.

'n Baie beperkte hoeveelheid literatuur wat oor bogenoemde onderwerp handel en wat spesifiek betrekking het op Suid-Afrika is beskikbaar. Hierdie studieveld is dus besonder nuut in Suid-Afrika en hierdie verhandeling behoort 'n bydrae te lewer tot die oplossing van 'n ernstige probleem, naamlik die vermindering van die NVW in pypnetwerkstelsels.

2.1 NVW VIR PYPNETWERKSTELSELS

2.1.1 Definisies

i) Lekkasie

Dit is die ongewenste vrystelling van water uit 'n pypgeleiding wat defektief geraak het.

ii) Ongemeterde Aftrekkings

Ongemeterde aftrekkings word beskou as slegs die aftrekkings uit brandkrane en spoelkleppe en beteken nie 'n aftrekking wat deur 'n ongemeterde aansluiting gemaak word nie. Alle aansluitings van welke aard ookal moet as gemeter beskou word.

iii) Pypnetwerkstelsel

Pypnetwerkstelsel word beskou as 'n stelsel wat begin by 'n sentrale meteringsposisie en eindig by veelvoudige meteringsposisies. 'n Perseelaansluiting (gewoonlik van grootte 12-25 mm $\emptyset$) vorm dus ook deel van die netwerkstelsel, maar slegs tot aan die uitlaatkant van die perseelmeter.

iv) Saamgestelde Pypnetwerkstelsels

Dit is 'n stelsel wat bestaan uit 'n pypnetwerkstelsel tesame met alle pypgeleidings binne die persele wat deur die netwerkstelsel voorsien word.

v) Tussenstadiameter

'n Tussenstadiameter is 'n bulkmeter wat die sentrale meteringsposisie inneem by 'n pypnetwerkstelsel. Alle water aan die netwerkstelsel gelewer word dus gemeet deur 'n tussenstadiameter.

vi) Verlies

Verlies beteken water wat verlore gaan as gevolg van 'n lekkasie.

vii) Verliesvloei (VV)

Dit is die volume water wat per tydseenheid via 'n enkele

toevoerpunt, toegerus met 'n tussenstadiameter, aan 'n netwerk=stelsel gelewer word. Tydens verliesvloei metings moet alle aftrekpunte, van welke aard ookal, afgesluit word. Verlies=vloei word uitgedruk in liter per minute per kilometer.

viii) Minimum Nagvloei (MNV)

Dit is die minimum vloei tempo wat 'n saamgestelde netwerkstelsel gedurende 'n 24-uur dag binne vloei. Die minimum vloei kom gewoonlik voor tussen die ure 02h00 en 04h00. Minimum nag=vloei word uitgedruk in liter per minute per kilometer.

2.1.2 Die Komponente van NVW

NVW bestaan volgens definisie uit vier komponente:

NVW	=	a + b + c + d
a	=	werklike verliese as gevolg van lekkasies wat ekonomies herstelbaar is
b	=	onvermydelike verliese as gevolg van klein lekkasies wat <u>nie</u> ekonomies herstelbaar is <u>nie</u>
c	=	oënskynlike verliese as gevolg van stadige perseel=meters aan die leweringskant
d	=	ongemeterde aftrekkings deur brandkrane en spoelkleppe

NVW word bepaal met behulp van kombinasie bulkvloei meters op 'n maandelikse basis.

Daar bestaan verskeie wyses om NVW uit te druk naamlik:

- i) in liter per minute per kilometer pyplyn (dit sluit perseelaansluitings in en is onafhanklik van die pyp deursnit)
- ii) in liter per minute per aansluiting
- iii) as 'n persentasie van die gemiddelde maandelikse toevoer tot 'n stelsel

Wyse i) en iii) is veral geskik wanneer residensiële areas onder=soek word. Wanvoorstellings in die persentasie verlies kan egte

voorkom waar gemengde areas beskou word en veral waar sekere verbruikers baie hoë aftrekkings registreer in vergelyking met die gemiddelde aftrekking per verbruiker of waar die gemiddelde verbruik per kapita baie laag is.

Wyse ii) kan egter nie as te bevredigend, veral in Suid-Afrika beskou word nie, aangesien die aantal aansluitings per kilometer pyplyn aansienlik kan varieer. Die metode van keuse is derhalwe vloeitempo per kilometer pylengte.

Komponent a - Werklike Verliese as gevolg van Lekkasies

Die werklike verlies van 'n stelsel is daardie hoeveelheid water wat verlore gaan uit 'n netwerkstelsel en wat volgens ekonomiese prinsiepe, afgesien van ander belangrike oorwegings, herstel behoort te word. Hierdie komponent sluit beide verliese as gevolg van visuele en onsigbare lekkasies in. Die persentasie bydrae wat elk van bogenoemde tot die totale verlies het, is onbekend, dit word egter vermoed dat laasgenoemde 'n groter bydrae lewer. Die rede hiervoor is dat visuele lekkasies, alhoewel gewoonlik groter, vinnig herstel word. In teenstelling hiermee is die oorgrootte meerderheid lekkasies egter visueel.

Werklike en onvermydelike verliese kan slegs vasgestel word deur verliesvloeiometings uit te voer. Verliesvloeiometings beteken die hoeveelheid water wat per tydseenheid via 'n toevoerpunt deur 'n bulk of verliesvloeiometer in die netwerkstelsel invloei. Tydens 'n verliesvloeiometing word alle perseelafsluitkrane toegedraai en op dié wyse word verseker dat enige vloei wat plaasvind slegs as gevolg van lekkasies in die stelsel is.

Verliesvloeiometings moet verkieslik slegs gedurende die nag uitgevoer word om te verhoed dat brandkrane of moontlik onwettige aansluitings gebruik word wat 'n hoër vloeiwyse tot gevolg kan hê.

Verliesvloei word gemeet in liter per minute per kilometer of liter per minute per aansluiting, maar kan ook as 'n persentasie uitgedruk word gebaseer op die gemiddelde maandelikse vloei van die netwerk indien die netwerklengte bekend is.

Komponent b - Onvermydelike Verliese

Onvermydelike verlies is 'n werklike waterverlies maar die omvang van die lekkasies regverdig nie die koste van die herstel van sulke klein lekkasies nie. Verder is dit gewoonlik onmoontlik om hierdie lekkasies op te spoor indien hulle ondergronds is. Selfs met gesofistikeerde elektroniese spoorapparaat is dit onmoontlik om die geluide van sulke klein lekkasies waar te neem.

Toelaatbare waardes vir onvermydelike verliese is afhanklik van sowel die ouderdom as die pypmateriaal. Verskeie ondersoekers^{1,2,3,4} beraam dat sulke verliese onafhanklik is van die pypdeursnit en in die orde van 1,5-4,5 liter/min·km bedra.

Onvermydelike verliese kan proefondervindelik vir 'n netwerk vasgestel word en wel deur middel van verliesvloei-metings. By so 'n bepaling word daar dan seker gemaak dat alle lekkasies wat opgespoor kan word, herstel word alvorens die verliesvloei-meting uitgevoer word. Die waardes wat gedurende die verliesvloei-meting bepaal word, word dan met die totale pyplengte gedeel en sodoende word die toelaatbare onvermydelike verlies vir die spesifieke pypmateriaal van 'n bepaalde ouderdom vasgestel.

Komponent c - Oënskynlike Verliese as gevolg van Stadige Meters

Die oënskynlike verlies as gevolg van stadige onderregistrerende perseelmeters kan slegs uit die NVW-vergelyking vasgestel word. Dit is dus belangrik dat die bulktoevoermeters akkuraat⁵ meet en indien nie, moet die fout van die meter bekend wees sodat die nodige regstellings gemaak kan word.

$NVW = a + b + c + d$

a en b word bepaal deur middel van verliesvloeiemeting en d kan vasgestel word deur meting.

dus $c = NVW - (a + b + d)$

Hierdie "verlies" is nie as gevolg van water wat verlore gaan nie maar dit is wel 'n finansiële verlies op die korttermyn en kan soms van groot orde wees. Die bepaling van hierdie "verliese" is veral belangrik in ouer woongebiede waar perseel= meters ouer as 10 jaar is.

Komponent d - Ongemeterde Aftrekkings

Bogenoemde aftrekkings kan volgens definisie slegs deur brand=krane en spoelkleppe plaasvind. In die NVW-vergelyking word dit aanvaar dat alle ander gebruike hetsy vir parke, staats=persele, ens. gemeter word. Brandkrane word nie gemeter nie aangesien dit onwenslik is om enige sulke restriksies daar te hê wanneer water vir noodtoestande onttrek moet word. Spoel=kleppe word nie toegerus met meters nie omdat vuilheid, sand, gruis ens. sulke meters baie gou buite werking sal stel. Spoelkleppe word ook nie so gereeld gebruik nie.

Ongemeterde aftrekkings kan by benadering gemeet word deur 'n streng kontrole op alle onttrekkings via brandkrane en spoel=kleppe tydens 'n toetsperiode uit te oefen. Alle sulke ont=trekkings deur die verskillende munisipale en staatsinstansies kan vasgestel word met gemeterde staankrane en kan aan die hoofwateringenieur gerapporteer word.

Benaderde waardes vir sulke aftrekkings word beraam^{1,6} as 0,3-1,0% van die gemiddelde maandelikse vloei. Hierdie waar=des hang tot 'n groot mate af van waar die toetsarea geleë is en ook of padkonstruksie ens. in die area plaasvind.

Hierdie aftrekkings kan uitgedruk word op die reeds genoemde drie wyses.

2.1.3 Tipe Lekkasies

Lekkasies kan volgens Giles⁴ basies in drie groepe geklassifiseer word nl.:

Groep I

Klein lekkasies wat inderwaarheid die onvermydelike verliese verteenwoordig. Dit is ekonomies nie regverdigbaar om hierdie lekkasies te herstel nie en kan ook nie met behulp van soniese spoorapparaat opgespoor word nie.

Groep II

Lekkasies van medium grootte wat 'n aansienlike bydrae tot die % verlies van 'n netwerk kan lewer. Hierdie lekkasies, afhangende van die grondporositeit, verskyn gewoonlik nie bo die grondoppervlakte nie en kan selfs vir jare voortduur. Sulke lekkasies is gewoonlik as gevolg van 'n vergroting met verloop van tyd van Groep I lekkasies.

Groep I en II lekkasies, wat gewoonlik spontaan ontstaan, word nie deur eksterne skokbelastings veroorsaak nie en is geneig om mettertyd te ontwikkel en as gevolg van hierdie stadige vergroting baan die vrygelate water mettertyd 'n ondergrondse weg en verskyn dan selde bo die grondoppervlakte.

Groep III

Hierdie is groot lekkasies wat gewoonlik as gevolg van die groot volume water wat onder hoë druk vrygelaat word, redelik gou bo die grondoppervlakte verskyn. Hierdie lekkasies word dan ook vinnig sigbaar en word sonder versuim herstel. Groot lekkasies verskyn egter nie altyd bo die grondoppervlakte nie en die grootste hiervan wat tot dusver gevind is, was van die orde van 750 kl/h, en hierdie water is dan deur die stormwaterdreineringsstelsel weggevoer. Eksterne skokbelasting is gewoonlik die oorsaak van lekkasies wat in Groep III klassifiseer.

In die algemeen wil dit voorkom asof die meerderheid lekkasies in 'n pypstelsel voorkom op die perseelaansluitings en nie op die hoofgeleidings. Randall & Barrett⁷ het die volgende syfers van die "Newcastle & Gateshead Water Company", aangehaal vir die periode 1969-1972:

- i) hoofgeleidings = 256 lekkasies
- ii) perseelaansluitings = 207 lekkasies

Lekkasies wat voorkom op die perseelaansluitings is gewoonlik van Groep I & II en dié op hoofgeleidings 'n kombinasie van groepe I, II & III.

2.2 WATERMETERING

Die omvang van die NVW in 'n geslote verspreidingstelsel is nie bekend nie en kan slegs bepaal word wanneer daar volledige metering aan beide kante van die stelsel uitgevoer word. Watermeetapparaat moet akkuraat wees andersins kan dit lei tot 'n oënskynlike verlies. Hierdie "verlies is nie werklik 'n waterverlies nie maar wel 'n inkomsteverlies.

Watermetering is noodsaaklik vir die bepaling van die NVW van 'n pypnetwerk en gee antwoorde op heelwat vrae soos byvoorbeeld:

- i) die orde grootte van waterverliese in 'n stelsel wat ekonomies herstelbaar is
- ii) die orde grootte van waterverliese in 'n stelsel wat nie-ekonomies herstelbaar is nie
- iii) die benaderde posisies van breke en lekkasies in 'n stelsel
- iv) die NVW self
- v) die omvang van meteringsverliese

2.2.1 Tipe Meters beskikbaar

Daar is talle metervervaardigers in elke land; Duitsland het byvoorbeeld veertien, met Suid-Afrika slegs twee. Daar kan basies onderskei word tussen twee groepe⁸ meganiese watermeters, naamlik verplasingmeters en snelheidsmeters.

i) Positiewe verplasingmeters

Onder hierdie groep kan 4 tipes meters onderskei word:

- a) heen- en weerbewegende suier
- b) semi-roterende skyf
- c) wikkellende skyf
- d) heliks en ander soorte

ii) Snelheidsmeters

- a) enkel en multi-straal waaier tipes
- b) turbine tipe
- c) horisontale en vertikale skroef tipes

'n Derde tipe meter, naamlik die magnetiese tipe bestaan ook, maar is besonder duur en word selde gebruik in die watermeter=ingsveld. Ander spesialiteitswatermeters is ook beskikbaar maar word nie algemeen gebruik tydens normale metering nie.

Huishoudelike Meters (< 26mm Ø)

Die mees algemene tipes huishoudelike meters is:

- a) semi-roterende skyf (SRS)
- b) wikkkelende skyf
- c) turbine

Die Afdeling Mate en Gewigte van die Departement Doeane en Aksyns van Suid-Afrika aanvaar op die huidige oomblik egter slegs die SRS Verplasingstipe meter (volumetriese meter). Die akkuraatheid waaraan meters moet voldoen word bepaal deur die verskillende lande se Standaard Spesifikasies. In Suid-Afrika word hierdie spesifikasies deur Mate en Gewigte neergelê as regulasies wat deur wetgewing bekragtig is.

Industriële en Bulketers (> 26mm Ø)

Daar is verskeie tipes meters in die klas > 26mm Ø. Die geskiktheid van 'n meter vir 'n doel word hoofsaaklik bepaal deur sy maksimum en minimum leweringsvermoë asook die wrywings=verliese.

Die volgende tipes kan onderskei word:

- a) semi-roterende skyf (SRS)
- b) turbine
- c) magnetiese
- d) skroef
- e) kombinasie

In Suid-Afrika word die SRS, turbine, skroef en kombinasie tipes vervaardig. Die kombinasiemeter, wat basies uit twee meters bestaan, kan beide baie lae en hoë vloeitempos meet, 'n Groot meter word direk in die hoofpylyn en 'n kleiner meter word in 'n omloopyp geïnstalleer. By lae vloeitempos meter die kleiner, byvoorbeeld SRS meter, en by hoër vloeitempos die groter, moontlik 'n skroeftipe meter. Die vloeibereik van so 'n kombinasiemeter is ongeveer 1 000 : 1.

By die seleksie van die optimum metergrootte moet daar gewoonlik 'n kompromie⁹ getref word tussen koste, betroubaarheid, akkuraatheid en lewering. Oor die algemeen is dit meer voordelig om eerder 'n effens kleiner meter te gebruik. Dit lei tot groter meteringsakkuraatheid by lae vloeitempos en laer kapitaal uitgawes. Aan die anderkant het 'n mens dan groter wrywingsverliese, korter meterleeftyd en dus moontlik groter vervangingskoste.

'n Vergelyking¹⁰ tussen belangrike oorwegings parameters van byvoorbeeld die turbine en kombinasie meters, word weergegee in tabel 1.

Eienskap	Turbine meters	Kombinasiemeters
Vloeibereik	60 of 80 : 1	1 000 : 1
Lae vloeï sensitiwiteit	goed	uitstekend
Lang termyn prestasie	uitstekend	goed
Wrywingsverlies	laag	hoog
Instandhoudingsintervalle	verlengde	gereeld
Instandhoudingskoste	laag	hoog

Tabel 1: Vergelyking van Turbine en Kombinasie Meters
($> 26\text{mm } \varnothing$)

Die werking van die verskillende tipe meters¹¹ is nie bestudeer nie aangesien dit 'n uitgebreide studie op sigself is.

2.2.2 Nuwe Meters - Akkuraatheidstandaarde

Akkuraatheid van Meters

Akkuraatheid kan uitgedruk word as 'n persentasie. Hierdie persentasie word verkry wanneer die volume vloeistof aangedui op die meter gedeel word deur die werklike volume x 100 by enige gegewe vloeitempo.

Herhalingsvermoë van Meters

Herhalingsvermoë is die vermoë van 'n meter om 'n gegewe volume herhaaldelik konstant te meet by enige gegewe vloeitempo.

Verskeie lande lê standaarde vir die akkuraatheid van watermeters neer. Daar word verder onderskei tussen sekere tipes meters wat in die betrokke lande vervaardig word.

i) Positiewe Verplasing tipe Meters

Tabel 2 gee 'n vergelyking van sulke standaarde^{12,13,14,15}

vir vier lande. Vir Suid-Afrika en Engeland is daar slegs waardes vir meters van grootte 15 - 25mm, vir Nederland 17,5 - 46mm en vir die Verenigde State van Amerika 15 - 150mm.

Vloeitempo	Akkuraatheid (%)			
	R S A 15-25mm	ENGELAND 15-25mm	NEDERLAND 17,5-46mm	VSA (AWWA) 15-150mm
Hoë vloei	98-102	98-102	95-102	98,5-101,5
Intermediêre vloei	98-102	98-102	95-102	98,5-101,5
Lae vloei	97-102	98-102	95-102	95,0-101,5

Tabel 2: Meterakkuraatheid - Vereistes

Uit tabel 2 kan gesien word dat die algemene akkuraatheidsvereistes vir hierdie tipe meter $(100 \pm 2)\%$ tydens normale vloei is. Die akkuraatheid van positiewe verplasingmeters $> 26\text{mm } \emptyset$ word deur alle vervaardigers in Suid-Afrika as $(100 \pm 2)\%$ vir spesifieke vloeilimiete vir die verskillende grootte meters aangegee.

ii) Ander Meters

Verskeie ander tipes meters is beskikbaar en standarde is dan ook vir hierdie meters neergelê. Standaarde vir die positiewe verplasing tipe meter is egter gewoonlik hoër dan dié vir ander tipe meters. In die algemeen word meters vervaardig tot 'n akkuraatheid van $(100 \pm 2)\%$ met hierdie akkuraatheid geldig vir sekere minimum en maksimum vloeitempos afhangende van die grootte van die meter.

2.2.3 Die Akkuraatheid van Meters in Gebruik

WATERVERLIESE IN 'N NETWERK kan slegs aan lekkasies toegeskryf word, nadat daar vasgestel is dat watermeters in die netwerk

akkuraat en korrek lees.

i) Huishoudelike Meters (< 26mm Ø)

Akkuraatheidsbepalings van meters in gebruik is al deur verskeie instansies gedoen.

In 'n ondersoek uitgevoer deur die "Philidelphia Water Department" is daar gevind¹⁶ dat wanneer daar 'n periodieke vervangingsprogram met ondersoek intervalle van 10 jaar gehandhaaf word, meterakkuraatheid aansienlik verbeter. (Sien tabel 3).

Vloei geregistreer as % van korrekte volume	*			**		
	Geen periodieke onderhoud			Onderhoud binne 10 jaar		
	Vloeitempo (l/min)					
	1	8	38	1	8	38
	% van Totale aantal meters getoets (%)					
0	82	17	3	17,2	1,6	
50-75		5	2	6,8		
76-89	6	16		14,4	0,6	
90-95	7	13	7	32,8	4,6	10,3
96-100	5	42	44	28,8	45,5	76,5
101-107		7	33		47,7	13,2
108-116			11			
Totaal	100	100	100	100	100	100

Tabel 3: Meterakkuraatheid by verskeie vloeitempos

Waar daar geen periodieke herstel onderneem is nie, het 12% van die meters 'n akkuraatheid van >90% by 'n lae vloeitempo (1,0 l/min) behaal teenoor bykans 62% waar daar wel 'n 10-jaarlikse onderhoud uitgevoer word.

* Toets hoeveelheid het bestaan uit 100 meters

** Toets hoeveelheid het bestaan uit 500 meters

"The Pennsylvania Public Service Commission" handhaaf 'n periodieke instandhoudingsprogram met intervale van 10 jaar of na 'n gemete vloei van 1250 kl. Toetse uitgevoer op 560 meters na 10 jaar het resultate opgelewer soos aangedui in tabel 4.

Vloeitempo (l/min)	Persentasie meters stadig (%)
4,5	12
3,4	22
2,3	44
1,1	62

Tabel 4: Meterakkuraatheid by Lae Vloeitempos

Stadige meters is meters wat nie aan 98% akkuraatheidsvereistes voldoen nie. Bogenoemde vloeitempo is egter relatief laag in teenstelling met 'n 12mm Ø kraanvloei van bv ± 30 l/min. Bogenoemde lae vloeitempos verteenwoordig dus eintlik die stadige lekkasie soos byvoorbeeld die vinnige drup van krane. Die Afdeling Mate en Gewigte van Suid-Afrika vereis dat 'n 15mm Ø meter in gebruik, 'n akkuraatheid van 95-102% van die werklike vloei moet meet by 'n minimum vloei van 0,42 l/min.

Phillips het akkuraatheidsopnames in die stad Malvern, Engeland op 'n totaal van 1 000 meters gemaak¹⁷. Hierdie meters was almal alreeds vir meer as tien jaar in diens. Geen toets vloeitempo is deur Phillips vir hierdie ondersoek aangedui nie. Na yking en herinstallasie van hierdie meters is daar weer 'n toets op 250 willekeurige gekose insitu meters gedoen. (Sien tabel 5).

Meter Resultaat	% van Totaal voor Yking	% van Totaal na Yking
Korrek*	8,1	82,4
Stadig	37,9	15,6
Vinnig	7,1	2,0
Geen lesing	42,5	-
Beskadig	4,4	-
Totaal	100,0	100,0

Tabel 5: Die Invloed van Onderhoud op Meterakkuraatheid

Ons sien dus dat 17,6% van bogenoemde meters na yking en herinstallasie nie volgens vereistes gemeet het nie. Die vraag ontstaan dus, is dit wenslik vir instansies om hulle eie meters te yk?

Vir die stad Mankato, Minnesota, V S A met 6 700 residensiële meters is bevind¹⁸ dat slegs 68% van water aan die pypnetwerkstelsel gelewer voor betaal is. Die NVW was dus 32% met die persentasie "verliese" toe te skryf aan onakkurate meters, onbekend. Na installasie van nuwe meters deur die hele sisteem was daar 'n aansienlike toename in die water inkomste van hierdie dorp.

Brown van West Virginia, V S A het twee verskillende vervaardigers se meters¹⁹ vergelyk in 'n toets. (Sien tabel 6). Die toetsmonstergrootte was 100 meters vir beide vervaardigers.

Uit tabel 6 blyk dit dat meterkeuse 'n besondere belangrike faktor is by die langtermyn meet van water.

* Korrek beteken meting binne 98-102% van die werklike vloei.

Verwysing	Vervaardiger A	Vervaardiger B
Aankoopkoste	\$29-31	\$32-34
Jaar in diens	7	7
% foutiewe meters binne 3 jaar	28%	3%
% foutiewe meters binne 7 jaar	52%	4%

Tabel 6: Meterkeuse Vergelyking

Bykans geen literatuur, wat lokale meterakkuraatheid ontleed en beskryf, is beskikbaar nie. Gebhardt haal egter 'n verliessyfer van 5,5% vir Johannesburg⁶ aan wat hy "meterslip" noem en beskou dit as die "verliese" veroorsaak deur metertraagheid by lae vloeitempos. Hy meld verder dat in 'n ondersoek wat oor 'n periode van ses maande op 45 verbruikers uitgevoer is, die bruto "verliese" -9% en -3% vir tipe A en tipe B-meters onderskeidelik was. Hierdie "verliese" word as bruto beskou, aangesien dit slegs die verskille tussen 'n nuwe goed geykde meter en die ander meter verteenwoordig. Geen aanduiding word egter gegee oor die orde grootte van verliese as gevolg van meters buite werkende orde of onakkurate meters by normale vloeitempos nie.

Twee stede in die Witwatersrandkompleks het onderskeidelik 14 000 en 7 800 meter installasies. Na analise van beskikbare rekords is daar gevind dat daar jaarliks onderskeidelik 5,36% en 1,79% van alle meters buite werking of beskadig was.

Die totale NVW van eersgenoemde stad vir die periode 1972-73 en 1973-74 was 12,20% en 6,06% respektiewelik. Hierdie

afname in NVW kan volgens die wateringenieur toegeskryf word aan 'n verskerpte meterinstandhoudingsveldtog asook 'n advertensieveldtog teen ongemagtigde gebruik. Na raming is 4% van die totale NVW van 6,06% as gevolg van onakkurate meters. Die tweede stad met 7 800 meterinstallasies het blykbaar 'n totaal van 28% NVW gehad voordat daar in 1960 met 'n drastiese meterinstandhoudings- en vervangingsprogram begin is. In 1968 het die NVW gedaal tot tussen 3% en 5%. Hierdie syfer lyk besonder laag en dit is te betwyfel of hierdie geweldige verbetering alleen toe te skryf is aan verbeterde metering, meer waarskynlik as gevolg van stadige bulkmeters.

In die algemeen beskou, blyk dit dat die gebrek aan meterakkuraatheid 'n groot bydrae lewer tot die totale NVW.

Geeneen van die voorafgaande bevindinge ten opsigte van huishoudelike meters is werklik vergelykbaar nie, elk gegter 'n sekere beeld wat moontlik saamgestel kan word om 'n geheelbeeld te vorm naamlik dat watermeters in die algemeen nie besonder betroubaar is nie, veral in die lae vloeibereike.

ii) Industriële of bulkmeters (> 26mm Ø)

Groot meters se akkuraatheid is van besondere belang vanweë die hoë vloeitempo's. Die Verenigde State van Amerika het sekere standaarde vir meters > 26mm Ø. (Sien tabel 2).

Die Afdeling Mate en Gewigte van Suid-Afrika het geen standaardspesifikasies vir meters > 26mm Ø nie. Die korrektheid van sulke meters is derhalwe die verantwoordelikheid van die waterverskaffer, asook die nagaan en diens daarvan. Die industriële verbruiker moet egter sorg dra dat die korrekte grootte meter vir sy vereistes geïnstalleer word.

'n Toets wat deur die Randwaterraad uitgevoer is op 3 x 40mm Ø semi-positiewe en 3 x 100mm Ø skroeftipe meters het die resultate gelewer soos aangedui in Tabel 7.

Tipe Meter	% Fout		
	Stadige vloei	Medium vloei	Vinnige vloei
40mm Ø *	+3,81	+2,35	+1,90
40mm Ø	+2,60	+1,60	+1,15
40mm Ø	-2,81	-0,05	0,00
100mm Ø**	+6,41	+7,06	+7,18
100mm Ø	+0,99	+4,97	+4,76
100mm Ø	+1,31	+5,87	+6,54

Tabel 7: Meterakkuraatheid van Meters > 26mm Ø

Uit tabel 7 is dit duidelik dat die semipositiewe meters meer akkuraat meet as die skroef meters, veral in medium- en vinnige vloei bereike. Indien dit in ag geneem word dat bogenoemde meters maar vir 'n periode van ses maande werksaam was en nog nie naby hulle eindleeftyd was nie is dit besonder veront= rustend om te sien hoe onakkuraat sulke meters wel binne 'n kort periode kan raak. Die kwaliteit van meters het seker= lik 'n groot invloed op die langtermyn akkuraatheid van meters en bogenoemde onakkuraatheid is sekerlik nie van toepassing in alle meters nie.

2.2.4 Onderhoud en Instandhouding

Uit die voorafgaande wil dit voorkom asof 'n instandhoudings= program tot hoër akkuraatheid van meters kan lei.

- * = Semi-positiewe verplasmingsmeter (volumetriese meter)
- ** = Skroeftipe-meter (snelheidsmeter)

i) Huishoudelike meters (< 26mm Ø)

Die Meteringskomitee van die "American Water Works Association" rapporteer¹⁶ as volg oor 5,7 miljoen 15mm Ø meters wat deur verskillende instansies getoets is:

Waterskaffing deur Privaat Firms¹⁶

Daar is gevind dat uit 'n totaal van 1,2 miljoen meterinstallasies daar 'n gemiddeld van 5% van hierdie meters per jaar buite werking was. Een firma met 'n goeie meterinstandhoudingsprogram op 140 000 het slegs 'n gemiddeld van 1,3% nie-registrerende meters per jaar gehad. Die instandhoudingsprogram vir bogenoemde 1,2 miljoen meters word in tabel 8 aangedui.

Volgens die inligting in tabel 8 word 40,8% van die totaal van 1,2 miljoen meters binne tien jaar nagesien.

Aantal meters	Instandhoudingsinterval (Jaar)					
	6	7	10	15	20	30
	Persentasie van Totale aantal meters vir Instandhouding					
1 200 000	0,2	0,7	39,9	15,5	26,0	18,6

Tabel 8: Meterinstandhoudingsprogram - Privaat Firms

Waterskaffing deur Munisipale Instansies¹⁶

Die munisipale instansies met gereelde instandhoudingsprogramme het slegs gemiddeld 1,5% meterinstallasies buite werking gehad, teenoor die 2,5% nie-registrerende meters waar daar geen gereelde instandhouding was nie.

Volgens die inligting in tabel 9 word slegs 33,7% van die totaal van 4,3 miljoen binne 10 jaar gediens.

Aantal meters	Instandhoudingsinterval (Jaar)									
	5	6	7	8	10	12	13	15	25	>30
	Persentasie van Totale aantal meters vir Instandhouding									
4 300 000	0,3	0,3	2,2	5,3	25,6	8,4	2,7	25,6	2,0	27,6

Tabel 9: Meterinstandhoudingsprogram - Munisipale Instansies

'n Meterinstandhoudingsprogram lei tot 'n laer persentasie nie-registrerende meters en 'n periode van 10 jaar tussen elke inspeksie kan moontlik as 'n basis gebruik word. Hierdie periode kan óf verleng óf verkort word afhangend van verskeie faktore soos byvoorbeeld:

- a) korrosiwiteit van die water
- b) slik of sand in die water asook neerslagvorming
- c) hoeveelheid water gemeet met 5 000 kl 'n maksimum voor diens.

Soos reeds genoem blyk dit dat 98,5% van alle huishoudelike meters in werkende orde sal wees indien daar byvoorbeeld 'n 10-jaarlikse onderhoud uitgevoer word. Die akkuraatheid¹⁶ van hierdie 98,5% sal dan in die orde wees soos aangedui in tabel 3.

In 'n opname in Duitsland¹¹ vir 1959 is daar gevind dat 2,38% van 'n totaal van 1 090 388 meters in daardie jaar vervang moes word. Hierdie totale aantal meters was afkomstig van 25 verskillende instansies met groottes wat gevarieer het van 3 300 - 127 000 meters per instansie.

By 'n instandhoudingsprogram op huishoudelike meters moet deeglike oorweging geskenk word aan die voor- en nadele van óf plaaslik herstel en yk van meters óf die aankoop van nuwe meters. Die stad Mankato het besluit om¹⁸ 6 700 ou meters te vervang met nuwe, meer akkurate meters in plaas van om die ou meters weer te herstel en te yk. Finansieël was dit 'n goeie beslissing want binne twee jaar is die kapitaalkostes verhaal deur die ekstra inkomste as gevolg van akkurate metering.

Verdere oorwegings by die herstel en yk van ou meters is dat onderdele soms moeilik verkrygbaar is en dat nie alle gebruik=te onderdele vervang word nie, wat weer tot breke kan lei. Die kapitaal- en arbeidskoste verbonde aan so 'n herstel- en yk praktyk regverdig die hersteldoel meestal nie ekonomies genoeg nie⁹. In die algemeen is daar gevind dat dit wel ekonomies is om ou meters te herstel indien die herstelkoste een derde van die aankoopkoste van 'n nuwe meter beloop¹¹.

Die toets en nagaan van meters behoort insitu gedoen te word¹⁶. Die verwydering, vervoer en opstel van meters vir toetsing lei daartoe dat meters onakkuraatheid by veral lae vloeiitem=pos ontwikkel as gevolg van hierdie hantering.

ii) Industriële of bulkmeters (> 26mm Ø)

Die onderhoud van groot meters is van besondere belang. Die verlies aan inkomste kan groot wees indien hierdie meters onakkuraat is. 'n Goeie onderhoudsprogram bestaan basies uit drie elemente, naamlik:²⁰

- a) periodieke nagaan en toets van die meter, insitu
- b) vervanging van geslyte onderdele en herkalibrasie
- c) dokumentasie van hierdie onderhoudswerk

Redelike standaard praktyk is om 'n meter te diens en weer te yk nadat die meter ongeveer 70% van sy totale vloeileeftyd bereik het.

Soos blyk uit navorsing uitgevoer in die Verenigde State van Amerika is dit noodsaaklik om 'n goeie meterinstanthoudingsprogram toe te pas indien enigsins volgehoue akkuraatheid in die metering van water gehandhaaf wil word.²⁰

So 'n program sal slegs geslaagd wees indien goeie rekords aangaande meters, wat die volgende informasie sal bevat, gehou word:²¹

- a) vervaardiger, aankoopskoste en datum
- b) tipe, model, grootte en reeksnommer
- c) datum en adres van installasie asook meterlesing by installasie
- d) weieringsdatum, meterlesing by weiering en oorsaak van weiering
- e) tipe herstelwerk
- f) koste ten opsigte van herstelwerk en yking, wat besonder belangrik is
- g) toetsresultate verkry na insitu toetsing van onakkuurte meter

Hierdie meterrekords moet deeglik en getrou op datum gehou word andersins kan daar geen evaluasie aangaande die duursaamheid en akkuraatheid, dit wil sê, die finansiële aanvaarbaarheid, op die lang duur gemaak word nie.²¹

Wanneer Instansies nuwe meters aankoop, moet 'n verskeidenheid faktore oorweeg word om sodoende tot die mees ekonomiese oplossing op die lang duur te kom. Lae aankoopskoste impliseer nie noodwendig die mees ekonomiese langtermynoplossing nie. Voor enige aankope moet die volgende aspekte van meters deeglik ondersoek word.¹⁹

- a) aankoopkoste
- b) duursaamheid en akkuraatheid op die lang duur
- c) akkuraatheid oor 'n wye bereik
- d) herstel en herkalibreerkoste, beskikbaarheid van onderdele
- e) geskiktheid van die tipe meter vir die aanwendings=doel
- f) weerstand teen korrosie en neerslagvorming

Goeie meterrekords verskaf informasie aangaande bogenoemde vrae en daaruit kan die aankoopsprobleem makliker opgelos word.

2.3 PYPGELEIDINGS

'n Studie van pypmateriale en konstruksiemetodes maak 'n belangrike deel van die ondersoek na NVW in pypnetwerke uit. 'n Literatuurstudie van pypmateriale is dus uitgevoer en die verskillende pypsoorte se voor- en nadele is bestudeer.

Nuut geïnstalleerde pypnetwerke moet aan voorgeskrewe spesifikasie vereistes voldoen alvorens finale goedkeuring vir hul inbruikneming gegee kan word. Die voor die handliggende redes hiervoor is dat 'n pypnetwerk wat op 'n swak wyse geïnstalleer is makliker faal met gevolglike hoër werklike verliese en ook herstelkoste.

'n Pypnetwerk is 'n feilbare eenheid in die watervoor-sieningsproses. Netwerke is uitgebreid en onderhewig aan talle faktore soos korrosiewe water en grondtoestande, skokbeladings as gevolg van waterslag en wielbelasting ens. wat kan bydra tot hul faling.

Die funksie van 'n pypgeleiding is om 'n vereiste hoeveelheid water oor 'n lang termyn te vervoer met 'n minimum breke en beperkte verwering. Verliese en onderhoud moet nie alleen vir die pypgeleiding maar ook vir die koppelstukke tot 'n minimum beperk word. Wanneer 'n breek ontstaan is die verlies tweevoudig naamlik die herstelkoste sowel as 'n verlies aan water. As gevolg hiervan neem die eenheidskoste van water toe, wat die verbruiker se sak direk raak.

'n Pypnetwerk bestaan as 'n reël uit geleidings van groottes 12 - 300mm Ø. Geleidings > 300mm Ø kan geklassifiseer word in die groep hooftoevoergeleidings en maak nie as sulks deel uit van 'n netwerksisteem nie.

Pypnetwerke kan uit 'n verskeidenheid materiale bestaan en die materiaalkeuse hang gewoonlik af van die funksie en bedryfstoestande van die pyplyn. Waar 'n verskeidenheid pypmateriale

ewe geskik is vir 'n spesifieke taak moet 'n materiaal gekies word wat op 'n gelyke prestasiekriterium die mees voordelige is.²²

'n Verskeidenheid van pypmateriale word vandag gebruik met sekere tipes al meer as 'n honderd jaar in gebruik, en ander, soos sekere plastiese pype ongeveer 30 jaar. In Suid-Afrika word daar hoofsaaklik van asbessement en staalpipe gebruik gemaak vir netwerksisteme. Slegs ongeveer 1% van die totale aanwending van pype word deur plastiese pype gevul.

Belangrike faktore wat pypkeuse kan beïnvloed kan as volg opgesom word:²²

- i) basiese pypontwerp
- ii) vermoë van die pyp om te voldoen aan interne en eksterne belastingsvereistes met 'n aanvaarbare veiligheidsfaktor.
- iii) kwaliteitsbeheer tydens vervaardiging in pype sowel as verbindingstukke
- iv) voldoening aan spesifikasies van die Suid-Afrikaanse Buro vir Standaarde (SABS)
- v) effektiewe en eenvoudige metodes van las
- vi) buigbaarheid en terugtrekbaarheid van verbindings
- vii) voldoende verbindings- en hulpstukke moet beskikbaar wees
- viii) kwaliteitsbeheer tydens installasie
- ix) gemak van installasie met geen spesiale slootbodemvoor= bereiding nie
- x) duursaamheid teen korrosiewe grondtoestande
- xi) water- en syferdigtheid
- xii) moontlikheid van aansluitings tap terwyl pyp onder volle druk is
- xiii) verwagte leeftyd

2.3.1 Gewapende betonpype

Gewapende betonpype (voorspan) word slegs in groottes 900 - 2 100mm Ø in Suid-Afrika vervaardig en klassifiseer dus nie as 'n pypnetwerk nie. In die V S A raak gewapende betonpype²³ eers van groottes > 400mm Ø kompetierend in vergelyking met asbessement en rekbare gietyster. Gewapende voorspan betonpype word in Suid-Afrika vir hooftoevoer geleidings deur die Randwaterraad gebruik met groottes van 900 - 2 100 mm Ø tans in werking.

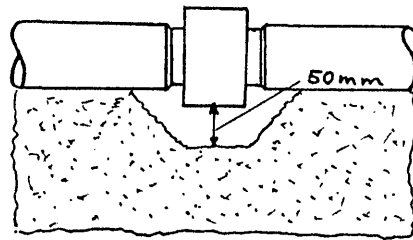
2.3.2 Asbessementpype

Hierdie tipe pyp word wyd in Suid-Afrika gebruik en is by verre weg die mees populêre tipe pype vir netwerkstelsels. Dit is die eerste keer in 1929 in die V S A vervaardig en kan tot op datum as besonder suksesvol beskou word.²³

Die basiese pypontwerp is goed en dit voldoen aan die nodige interne en eksterne belastingsvereistes met 'n veiligheidsfaktor van twee (> 2,5 in die V S A).²³ Die kwaliteitsbeheer tydens vervaardiging is volgens die S A B S baie goed. Die S A B S voer ses inspeksies per jaar per fabriek uit, en tydens hierdie inspeksietoere word alle aspekte van kwaliteitsbeheer asook die vervaardigingsmasjinerie deeglik nagegaan. Pype word almal gedruktoets tot twee maal normale werksdruk voordat hulle die fabrieksterrein verlaat en tot 1,5 maal na installasie. Alle pype word tot S A B S standaard spesifikasies vervaardig.

Beide die "Triplex" sowel as die kortkraagkoppelstukke is eenvoudig, digsluitend en doeltreffend, maklik om te installeer en buigbaar tot 5°. 'n Volledige reeks verbindings- en hulpstukke wat benodig word vir 'n pypnetwerk is beskikbaar. Versigtige hantering om beskadiging te voorkom is goed by beide die fabrieksterrein en tydens vervoer na die kliënt se konstruksierrein.

Installasie van 'n pyplyn is maklik en vinnig, spesiale beddings=toestande word egter voorgeskryf deur die pypvervaardigers en indien hierdie beddingstoestande nie nagekom word nie kan heelwat falings voorkom. Figuur 1 dui die vervaardiger se voorgeskrewe beddingsvereistes aan.²⁴



Figuur 1: Beddingvereistes vir Asbessementpype²⁴

Asbessementpype is duursaam met 'n leeftyd van 50 - 100 jaar. Hierdie pyptipe is goed bestand teen korrosiewe water- en grondtoestande en kan waar nodig beskerm word teen korrosie deur die pype te bitumendoop.^{25,26}

Asbessementpype is nie syferdig nie en 'n verlies ekwivalent aan 112% van die kapasiteit kan tydens normale druktoestande per jaar deur die wande ontsnap. Die poreusheid van asbes= sement is 18% per gewig in vergelyking met dié van beton wat 4 - 5% is.²⁷ Die tap van aansluitings onder druk lewer nie besonderse probleme nie.

Asbessementpyp kan geklassifiseer word as 'n onbuigsame pyp wat geneig is om maklik te breek wanneer dit onderwerp word aan 'n skokbelasting tesame met substandaard beddingkondisies.²⁸

2.3.3 Gietysterpype

Gietysterpype word vandag baie selde in Suid-Afrika in pypnetwerke as nuwe stelsels geïnstalleer. Gietysterhulpstukke word nog wel gebruik veral in riool- en waterpompstasies en is dan altyd van die geflensde tipe. Gietysterhulpstukke word ook op groot skaal gebruik waar asbessementpype geïnstalleer word. Meeste van die ouer stede en dorpe het nog gietysterpype in gebruik en tans is Durban besig met 'n opknappingsprogram waar die ouer pype, insitu skoongemaak word en met 'n betonbinnevoering versterk word. Die betonvoering gee nuwe lewe aan die pyp en verbeter sy kapasiteit asook sy weerstand teen korrosiewe waters.^{29,30}

In die V S A word gietysterpype nog heelwat gebruik, veral in die vorm van smeerbare (ductile) gietysterpype.³¹ 'n Magnesium allooi word onder streng beheerde toestande by die suiwer gesmelte yster gevoeg en die gepaardgaande strukturele verandering van die yster veroorsaak dat hierdie kombinasie 'n baie hoër trek- en skokspanning as normale gietyster besit. Die smeerbare gietyster behou egter gietyster se weerstand teen korrosie. Hierdie smeerbare gietysterpype word egter nie in Suid-Afrika vervaardig nie en word dus nie in plaaslike pypnetwerksisteme gebruik nie.

2.3.4 Staalpype

Staalpype kan of naatloos of gesweis wees. Naatlose pype word hoofsaaklik by hoë druk stoominstallasies gebruik en gesweiste pype by die vervoer van water en ander gebruike.

Naatlose pype word gevorm wanneer 'n soliede blok staal geboor of gepons word en dan word hierdie dikwandpyp gevorm deur 'n reeks rollers om sodoende 'n pyp met vereiste afmetings te vorm.³² By die vervaardiging van gesweiste pype word 'n strook of plaat met 'n reeks rollers in 'n pyp gevorm en die

resultarende naat kan op 'n verskeidenheid wyses gesweis word.

Staalpype is besonder sterk en buigsaam met 'n veiligheidsfaktor wat varieer na gelang van spesifikasievereistes. Kwaliteitsbeheer tydens vervaardiging is goed en vervaardigers wat gebruik maak van die S A B S merk, moet voldoen aan spesifieke vereistes en goeie kwaliteitsbeheer. Inspeksiebesoeke word elke paar maande deur die S A B S aan fabrieke gebring wat gebruik maak van die merk.

'n Verskeidenheid verbindings of las-koppelstukke bestaan met sweislasse en Johnson koppelstukke vir $> 200\text{mm } \emptyset$ pyp en geskroefde pyp spie-en-sok vir $< 150\text{mm } \emptyset$. Sweislasse is gewoonlik digsluitend en lewer min probleme. Lekkasies kan ontstaan by Johnsontipe koppelstukke as gevolg van beskadigde rubber- en mofringe en bonte wat oneweredig aangetrek is. By die skroef- en soktipe las kan lekkasies ontstaan as gevolg van swak vakmanskap en die gebruik van verkeerde seëlmateriale. Die Johnsontipe koppelstukke laat toe vir 'n 5° beweging terwyl die ander tipes lasmetodes geen beweegbaarheid toelaat nie. Staalpype is egter buigbaar en 'n sekere mate van rigting verandering kan verkry word.³³

Installasie is redelik probleemvry, maar slootbodems moet netjies en gelyk afgewerk word. Wanneer Johnson koppelstukke gebruik word moet addisioneel uitgegrawe word onder elke koppelstuk om sodoende die bonte eweredig te kan aantrek.

Staalpype is duursaam maar is besonder kwesbaar waar korrosiewe grond- en watertoestande voorkom. Verwering, wat deur elektriese strooiingstrome veroorsaak word kan ook besonder ernstig wees. Alvorens staalpype geïnstalleer word moet 'n deeglike ondersoek na heersende grondtoestande,³⁴ die korrosiwiteit van

die water wat vervoer moet word en die moontlikheid van elektriese strooiingstrome³⁵ in die omgewing van die beoogde roete gemaak word.

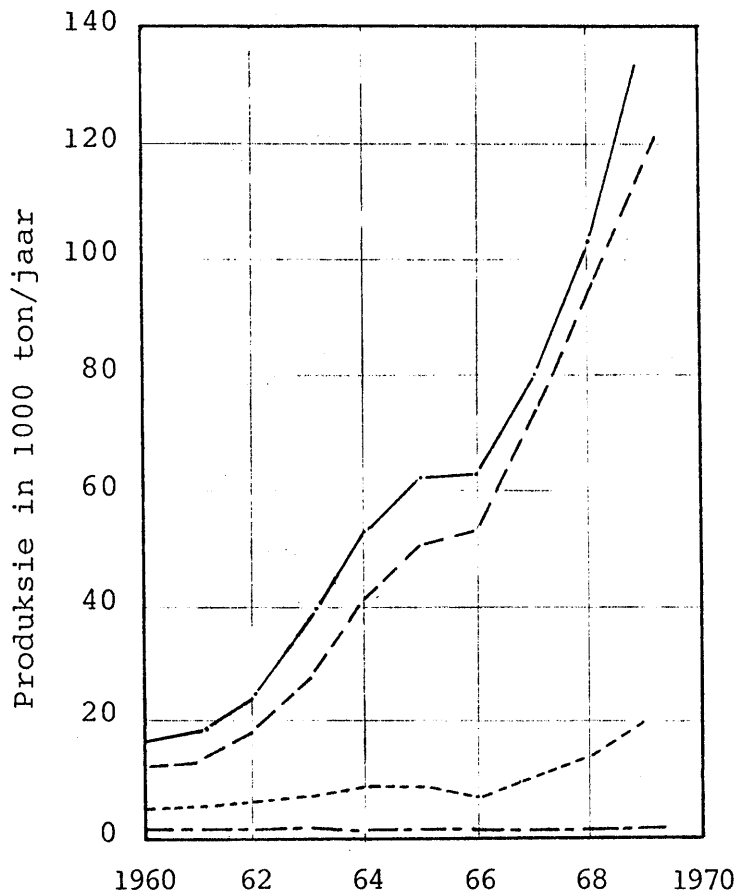
'n Verskeidenheid van beskermingsmetodes bestaan vir staal=pype. Die mees algemene beskermingsmetodes is:

- i) galvanisering (hoofsaaklik vir kleiner geleidings (25 - 150mm $\varnothing$))
- ii) bitumineuse bedekkings binne en buite
- iii) beton binne en bitumineuse bedekking buite
- iv) plastiese bedekkings binne en buite
- v) aanwending van verf binne en buite.

Indien korrek geïnstalleer is staalpype syferdig met bykans geen porositeit. Plastiese binnevoerings het ook bykans geen porositeit maar indringing van water geskied wel en kan lei tot 'n verswakte kleefvermoë van die plastiese materiaal aan die staalpywand.³⁶

2.3.5 Plastiese pype

Plastiese pype is aanvanklik in die buiteland met heelwat agterdog bejeën wat egter tot op datum heelwat verander het.³⁷ Dieselfde kan egter nog nie vir Suid-Afrika gesê word nie waar stadsrade eerder beproefde pyptipes bo plastiese pype sal verkies. Die eerste plastiese pype van polyvinielchloried (PVC) is gelê in die Bitterfeld area Wes Duitsland, 'n paar jaar voor die uitbreek van die Tweede Wêreldoorlog. Ongeveer 10 jaar later is daar van heelwat PVC pype gebruik gemaak, veral in Nederland. In die V S A is daar tydens die Tweede Wêreldoorlog met die installasie van poliëtileen (PE) begin en Europa het gevolg in 1950. In die laaste 25 jaar het die gebruik van plastiese pype geweldig toegeneem soos aangedui in figuur 2. In Suid-Afrika egter maak plastiese pype slegs 1% van alle pype wat gebruik word uit, terwyl 57% van alle waterpype wat in Duitsland geïnstalleer word, van plastiese materiale is.³⁷



Figuur 2: Produksie van Plastiese pype in Wes Duitsland³⁷
1960-70

'n Verskeidenheid plastiese materiale is reeds verwerk as pyp= materiale maar slegs twee tipes naamlik PVC en PE word vandag as hoëdruk waterpype gebruik. 'n Onderskeid word getref tussen hoë digtheids PE (HD-PE) en lae digtheids PE (LD-PE).

Plastiese pype het baie wenslike eienskappe in soverre dit waterpyp geskiktheid betref. Dit is byvoorbeeld buigbaar, elasties, lae massa en word nie geaffekteer deur korrosiewe toestande en elektriese strooiingstrome nie.³⁷

Plastiese pype het egter sekere nadelige eienskappe soos plastiese vervorming en hoë hitte-uitsettingskoëffisiënte. Die hitte-uitsettingskoëffisiënt van PVC is 5,8 en dié van PE 18 keer groter as dié van staal.³⁶

Plastiese pypontwerp het aansienlik verbeter deur die jare en vandag is die basiese ontwerp goed. Die elastisiteitseienskap is veral behulpsaam in die neutralisering van waterslag wat veral ernstige afmetings kan aanneem by hoë snelheid watervervoerlyne. By die keuse van 'n geskikte pypsterkte kan waterslag dus met veiligheid geïgnoreer word. Aangesien plastiese pype kan vervorm nadat terugvulling voltooi is kan spannings in die pypwande verlig word, en sodoende word 'n meer homogene verspreiding van spannings verkry.

Kwaliteitsbeheer tydens vervaardiging is volgens die S A B S baie goed en gereelde inspeksiebesoeke word ook dan deur die S A B S uitgevoer. Vir beide PVC en PE pype bestaan daar S A B S spesifikasies met S A B S 966-1969 en S A B S 533-1971 vir PVC en PE respektiewelik.

'n Verskeidenheid van lasmetodes wat nie altyd suksesvol was nie, is alreeds gebruik. Vir PE kan flenskoppeling, sweismetodes, Plasson koppelstukke en skroefdrade gebruik word. Verbindingskoppelstukke is altyd buigbaar, so-ook natuurlik die pyp self. Geen probleme betreffend die verwyderbaarheid van koppelstukke bestaan nie en 'n beskadigde gedeelte van 'n pyplyn kan baie maklik verwyder en vervang word. 'n Voldoende reeks las- en koppelstukke is beskikbaar vir alle nodige koppelings.^{37,38}

Pypmateriaal is lig en installasie vinnig en maklik, aandag word egter vereis by die lê van plastiese pype veral betreffend beddingkondisies en terugvullingsmateriaal in die onmiddellike omgewing van die pyp.³⁹ Die terugvullingsmateriaal moet geen skerp klippe bevat nie, wat die pyp kan skaaf of sny nie.

Plastiese pype is besonder duursaam met 'n berekende leeftyd van 50 jaar.^{37,40} Die pypwanddikte vir 'n sekere sterkte pyp word tydens ontwerp bereken met die berekening gebaseer op 'n 50 jaar leeftyd. Plastiese pype het 'n besondere weerstand teen korrosie en kan dus veral goed aangewend word waar korrosiewe en onstabiele grondtoestande heers.⁴¹

Plastiese materiale is besonder syfer- en waterdig en het bykans geen porositeit nie. Pypwande is besonder glad en geen afname in leweringsvermoë met tyd, is waarneembaar nie.⁴²

2.3.6 Statistiese Vergelyking van Pypmateriale

In 'n studie wat in Swede uitgevoer is, is 'n vergelyking getref tussen die aantal falings vir verskillende pypmateriale.²⁷ Dit word aangedui in tabel 10:

Pypmateriaal	Aantal Falings		Pyplengte in km	Falings per km
	Hoofgeleidings	Netwerkgeleidings		
Gewapende beton	1	0	296	0,003
Asbessement	1	1	46	0,054**
Gietyster	193	164	3585	0,100
Smeerbare GY*	2	3	333	0,015
Staal	23	32	488	0,113
P V C	49	55	302	0,344

Tabel 10: Pypfalings vir Verskillende Pypmateriale²⁷

Uit bogenoemde is dit duidelik dat smeerbare gietyster besonder goed vertoon in vergelyking met die ander pypmateriale.

* Gietyster

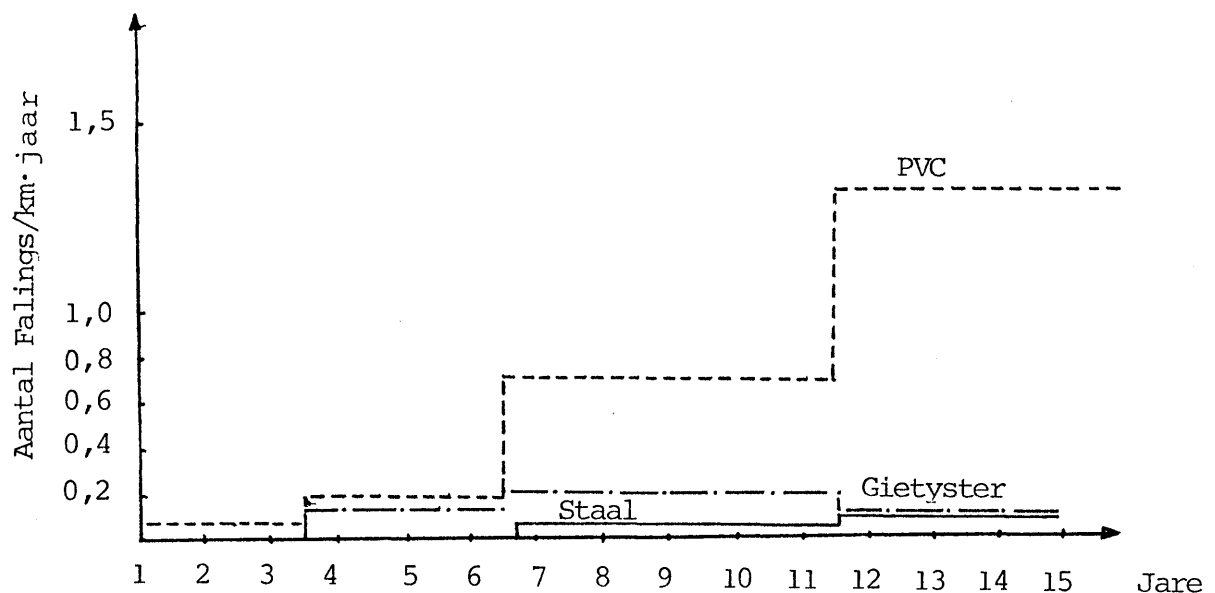
** Statistieke onbetroubaar

'n Verdere studie uitgevoer in twee groot stede in Poland het die volgende resultate gelewer soos getoon in tabel 11.

Pypmateriaal	Falings per km per jaar
Staal	0,09
Asbessement	0,12-0,21
Plasties	0,22

Tabel 11: Pypfalings per km per jaar²⁷

'n Interessante vergelyking ten opsigte van ouderdom en falings per km per jaar word in figuur 3 aangedui.²⁷



Figuur 3: Pypfalings met Ouderdom²⁷

In die algemeen gestel is dit noodsaaklik dat die mees geskikte pypmateriaal voorgeskryf word vir 'n spesifieke doel met inagneming van die vereiste interne werksdruk, eksterne belastingstoestande en so-ook grondeienskappe waarin die pypsisteem gelê gaan word. Stywe onbuigsame pype is bv. nie geskik vir gebruik in dolomitiese areas of in swellende klei gebiede nie.

Staalpype aan die anderkant moet egter deeglik beskerm word indien hul in aggresiewe grondtoestande gelê moet word.²⁸ Materiale wat gekies word om te dien as beskermingsmiddel vir 'n pypsoort moet aggresiewe grondtoestande kan weerstaan en moet verder nie maklik beskadig kan word tydens hantering en installasie nie.

Ekonomiese oorwegings moet ook in ag geneem word waar pypmateriale ewe geskik is vir 'n spesifieke doel. Hierdie oorwegings sluit in:

- i) finansiële verliese as gevolg van lekkasies en die herstel daarvan
- ii) pypleeftyd
- iii) leweringsvermoë op die lang termyn

Dit is duidelik dat pypkeuse van 'n verskeidenheid faktore afhanklik is wat deeglik ondersoek, en teenoor mekaar opgeweeg moet word alvorens die finale keuse gemaak kan word.

2.3.7 Konstruksiemetodes

'n Kwaliteit pyp van die geskikte materiaal is nie altyd suksesvol met betrekking tot ononderbroke diens en lang leeftyd nie. Die wyse van installasie speel 'n besondere belangrike rol in die langtermyn suksesvolle diens van enige pyplyn.³⁴ Pyplyne behoort suksesvol te wees indien hulle volgens voorgeskrewe spesifikasies, wat deeglik opgestel behoort te word, geïnstalleer word.

Faktore wat 'n invloed sal hê op die langtermyn suksesvolle leeftyd van 'n pypgeleiding kan as volg beskryf word:

- i) grondtoestande waarin pyp gelê gaan word wat onder andere insluit; suurgehalte, elektriese strooiingstrome, vlak van gemiddelde watertafel, swigtende en swellende grondeienskappe

- ii) tipe pypbeskerming voorgeskryf
- iii) keuse van die korrekte sterkte pyp vir die vereiste werksdruk en eksterne belastingstoestande
- iv) basiese ontwerp van sluis- en lugklepkaste
- v) pyphantering vanaf aflewering op terrein tot by finale installasie en toetsing
- vi) pypbeddingkondisies by installasie van pype
- vii) korrektheid van pyp- en hulpstuk installasie
- viii) genoegsame dekking, tipe terugvullingsmateriaal en wyse van terugvulling

Die eerste vier faktore is ontwerp-oorwegings en is nie ondersoek nie. Slegs faktore wat direk te doen het met spesifikasies wat handel oor die hantering, installasie en verwante werk is bestudeer en resultate verkry is uiteengesit in hoofstuk 3.

2.4 METODES VAN LEKKASIEOPSPORING EN DIE BEPALING VAN NVW

Werklike verliese van 'n pypnetwerk kan 'n aansienlike bydrae lewer tot die omvang en orde grootte van die NVW van so'n pypnetwerk.⁵

Derhalwe, is die opsporing van lekkasies wat verliese veroorsaak, van aktuele belang in die beperking van die NVW.

'n Verskeidenheid van lekkasieopsporingsmetodes, sommige eenvoudig en ander meer gekompliseerd, kan aangewend word.⁴³

2.4.1 Visuele Opsporingsmetodes

Hierdie metodes is gebaseer op waarnemings wat onder andere deur die munisipale instansies se personeel asook deur die publiek self gemaak word. Dit het hoofsaaklik te doen met sigbare lekkasies wat bo die grondoppervlakte verskyn.⁴⁴

Visuele opsporing kan op 'n georganiseerde maandelikse basis uitgevoer word waar opgeleide personeel spesifieke ondersoeke van alle dorpsgebiede maak. Alternatiewelik kan personeel soos meterlesers, loodgieters ens. op die uitkyk wees vir lekkasies tydens die normale uitvoering van hul taak. Hierdie metode is 'n belangrike bydraende vorm van lekkasieopsporing en word deur alle instansies gebruik. Die persentasie visuele lekkasies van die totale aantal lekkasies wat ontstaan asook die volume waterverlies as gevolg daarvan is nie bekend nie. Visuele lekkasies word gewoonlik gou opgemerk en binne 'n relatiewe kort tydperk na die ontstaan van die lek herstel. In teenstelling met visuele lekkasies kan ondergrondse lekkasies wat nie bo die grondoppervlakte verskyn vir 'n lang tydperk, soms jare voortgaan met lek. Sulke lekkasies is geneig om te vergroot met tyd sodat dit 'n aansienlike waterverlies tot gevolg kan hê.

Wanneer die metode van visuele opsporing gebruik word moet daar veral na opgelet word of depressies in paaie voorkom, besondere groen kolle gras op die sypaadjies groei, nat of klam

kolle voorkom, ens. Die nagaan van stormwater en rioolwerkruime kan ook 'n aansienlike bydrae maak by visuele opsporing.

2.4.2 Lekkasioesporing met behulp van Soniese Spoorapparaat

'n Verskeidenheid apparaat is beskikbaar vir die opsporing van lekkasies. Die beginsel waarop hierdie apparaat werk is eenvoudig en is gebaseer op die geluide wat deur water veroorsaak word wat onder druk deur 'n opening in die pypwand ontsnap. Hierdie geluide het sekere frekwensies en kan tot 'n mate onderskei word van ander eksterne geluide.⁴⁴ Soniese spoorapparaat wat versterk word deur batterye is gewoonlik heelwat meer sensitief en dus ook meer effektief as bv. die magnetiese tipe.⁴⁵

Die geluide veroorsaak deur lekkasies varieer aansienlik afhange van die grootte van die lekkasies, pyp diameter, tipe pypmateriaal, grondstruktuur, tydsduur van lekkasie voor opsporing, afstand vanaf die lekkasies, klepafsluiting ens. Soos van bogenoemde afgelei kan word is dit noodsaaklik vir 'n operateur van soniese spoorapparaat om deeglik opgelei te word en ook om ondervinding in die veld te hê alvorens hy werklik effektief op sy eie kan optree.^{43,44}

Die opspoor van lekkasies met behulp van soniese spoorapparaat kan op 'n gereelde basis uitgevoer word waar die hele stad of dorp gereeld elke twee jaar met die apparaat gefynkam word. Dit kan egter ook gebruik word as addisionele hulpmiddel waar ander opsporingsmetodes gebruik word.

Die Stad Chicago het in 1930 met spoorapparaat en ander metodes 'n aanvang gemaak met die opspoor van lekkasies. Gedurende die tydperk 1962-1968 is die hele netwerkstelsel van Chicago van ongeveer 6 500 km op 'n gereelde basis met elektroniese spoorapparaat nagegaan met tussenposes van sowat twee jaar. 'n Totaal van 13 700 lekkasies is in hierdie

periode van ses jaar opgespoor en daar is gevind dat tydens die aanvanklike ondersoek daar bykans 4 lekkasies per km was, terwyl tydens die derde ondersoek daar slegs 1,6 lekkasies per km was. Daar was 'n duidelike verbetering te bespeur en Chicago het as gevolg hiervan die aantal opsporingseenhede verdubbel.⁴³

Lekkasies is egter gedurig besig om voor te kom en dit kan so gebeur dat een ontstaan net nadat so'n ondersoek van die betrokke omgewing gemaak is. Die gevolg is dat so'n lekkasie dan vir 'n periode van twee jaar gedurig lek en groter word met 'n aansienlike gepaardgaande waterverlies. Soniese spoorapparaat kan dus op sy beste eintlik as deel van 'n opsporingsondersoek suksesvol wees. Dit is egter 'n essensiële en noodsaaklike instrument in die lekkasieopsporingproses en gee nie alleen 'n aanduiding van 'n lekkasie nie, maar is instaat om die presiese posisie daarvan aan te dui en om op dié wyse aansienlike opgraving en arbeid te bespaar wanneer herstelwerk uitgevoer word.

Opsporingswerk wat met behulp van soniese apparaat gedoen word kan volgens Elwell teen 'n gemiddelde tempo van ongeveer 5,3 km pyplyn per dag uitgevoer word.⁴⁶ Daar word dan van 'n ses-uur dagskof, waar die algemene posisies van lekkasies bepaal word, en 'n twee-uur nagskof gebruik gemaak. Tydens die nagskof wanneer daar min eksterne geraas voorkom word die lekkasies se presiese posisie vasgestel. Wanneer die herstelwerk uitgevoer word is dit noodsaaklik dat alle besonderhede aangaande die lekkasiegrootte ens. asook die moontlike oorsaak daarvan, genoteer word.

2.4.3 Lekkasieopsporing met behulp van Distikstofoksied-inspuiting

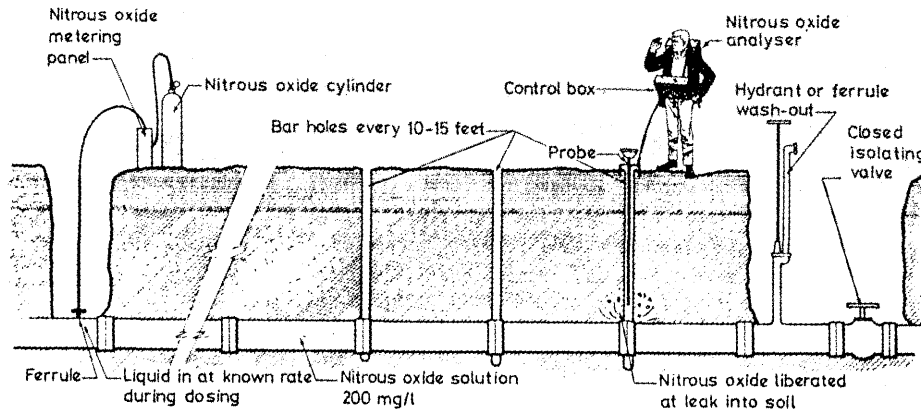
Hierdie metode maak gebruik van distikstofoksied (N_2O) wat onder druk in 'n pyplyn ingespuut word en word dan daarna

waargeneem waar dit die pyp weer via 'n lekkasie verlaat.⁴⁷
Die "Water Research Association" het spesiale apparaat ontwerp wat vir hierdie inspuittegniek gebruik kan word.

'n Gas, soos N_2O , wat geskik is vir gebruik in 'n waterverspreidingsnetwerk moet oplosbaar, nie-reagerend met water en sensitief wees sodat dit in klein hoeveelhede waargeneem kan word. Dit moet ook nie-toksies, chemies onaktief, smaakloos, kleurloos en reukloos wees.

N_2O voldoen aan hierdie vereistes en is kommersieel beskikbaar in gassilinders teen 'n redelike prys. Dit het 'n sterk adsorpsie vir infrarooi bestraling en dus kan 'n infrarooi gasanaliseerder gebruik word om die gas op te spoor wat waarneembaar in die lug is in konsentrasies van 'n paar dele per miljoen.

Tydens die ondersoek is dit nodig om die pyplyn wat getoets moet word tydelik te isoleer van die res van die stelsel. Die eksakte posisie van die pyplyn moet verder bekend wees en gate moet elke 3 tot 4,5 meter tot by die pyptrugvlak gegrawe word wat dan kan dien as inspeksigate waar enige ontsnappende gas waargeneem kan word. Die druk in die pyplyn wat getoets moet word mag egter nie 1,240 MPa oorskrei nie, aangesien dit ekwivalent is aan die druk waarby die N_2O ingespuut kan word. Voorsiening moet verder gemaak word om die vloeitempo van die water in die toetspyplyn te meet tydens die toediening van die N_2O wat by die ringverbinding van 'n perseelaansluiting ingespuut word. Die N_2O word dan teen 'n konstante bekende tempo ingespuut totdat die hele toetsgedeelte 'n eenvormige verspreiding van N_2O het. Die uitlaat van die stelsel word hierna afgesluit en die waterdruk vermeerder tot die toetsdruk. Elke toetsgat word dan nagegaan vir N_2O -gas wat vrygestel word. Figuur 4 gee 'n aanduiding van so 'n ondersoek.⁴⁷



Figuur 4: Opset benodig vir Distikstofoksied lekkasie-opsporing⁴⁷

Hierdie metode blyk omslagtig en gekompliseerd te wees en die feit dat toetsgate elke 3-4,5 meter gegrawe moet word maak dit vanuit 'n arbeidskoste-oogpunt gesien, nog meer onaanneembaar. Die nut van hierdie metode lê hoofsaaklik by areas waar 'n hoë watertafel voorkom en waar dit nie duidelik is of dit grondwater of verlieswater is nie.

2.4.4 Lekkasioeopsporing met behulp van Spesiale Verliesvloeimeters

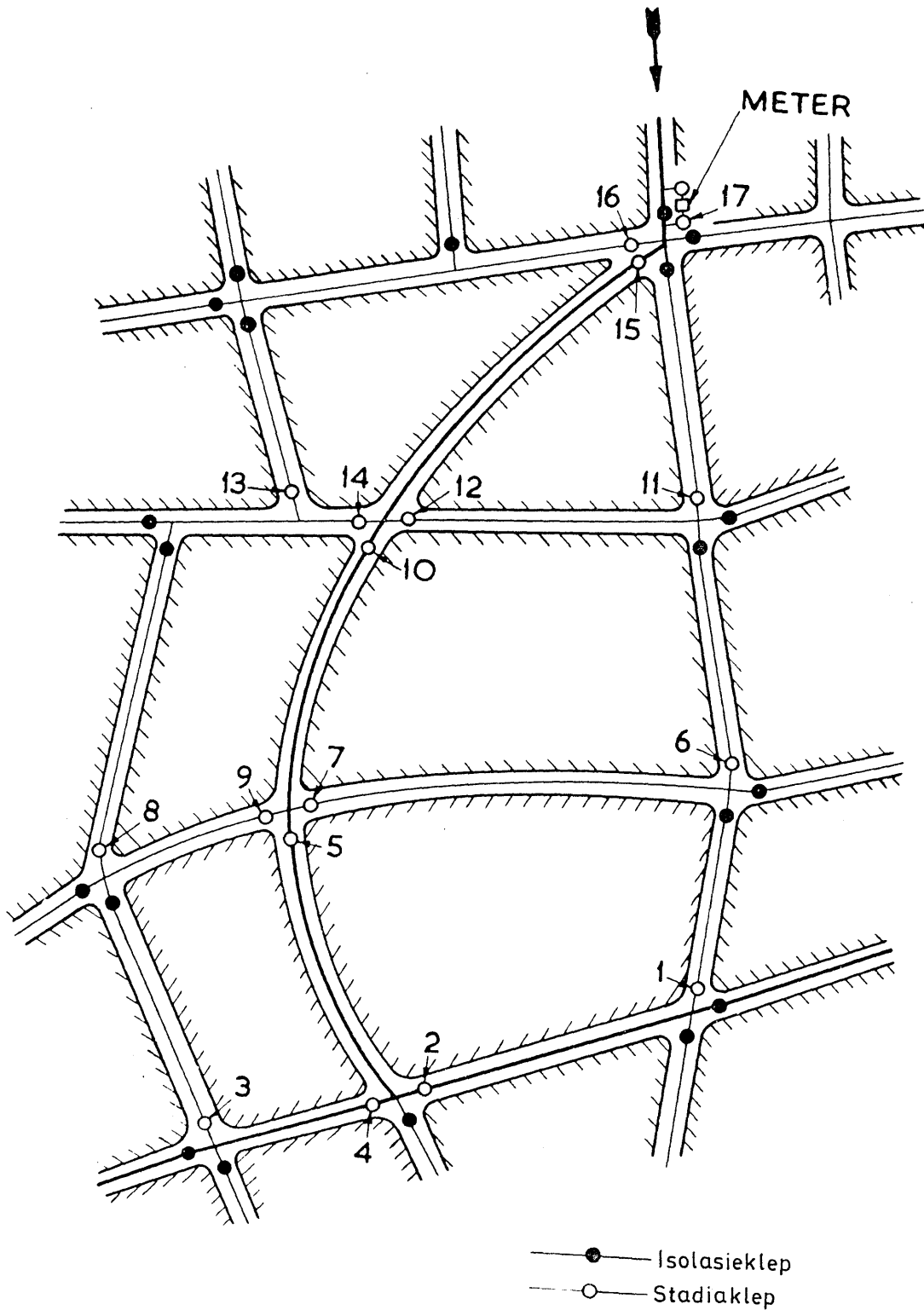
Verliesvloeimeters kan nie as sulks die presiese posisie van 'n lekkasie aandui nie, maar dit kan wel 'n baie goeie aanduiding gee van die omvang van die verliese in 'n spesifieke stelsel.^{43,47} Dit kan ook benaderde posisies van lekkasies aandui afhangende van die aantal afsluitkleppe in die stelsel.

Verliesvloeimeters kan óf 'n permanente deel van 'n stelsel uitmaak óf dit kan op 'n beweegbare treiler geïnstalleer word wat van netwerk tot netwerk verskuif kan word afhangende van die vereistes.⁴⁷ Die beweeglike verliesvloei-meter word met behulp van buigbare pypeenhede tussen twee brandkraanposisies geïnstalleer en die watervloei deur die toevoerpyplyn word met behulp van 'n klep afgesluit. Die totale vloei tot die stelsel sal dan via die verliesvloei-meter en die brandkrane vloei. Die nadele van so 'n beweeglike verliesvloei-meter is dat die eenheid gedurende toesig nodig het om sodoende beskadiging of onklaarraking tydens toetsmetings te vermy. Addisionele arbeid is ook nodig vir die verskuiwing en koppeling van die eenheid en die moontlikheid dat ekstra kleppe geïnstalleer moet word is baie waarskynlik. By die permanente installasies word daar egter heelwat meer verliesvloeimeters benodig wat natuurlik die koste verhoog.

Die keuse van 'n netwerkstelsel is afhanklik van die aantal verbruikers, moontlike toevoerpunte, drukverspreiding in die stelsel, kleprangskikking ens. (sien fig. 5). Guttentag stel voor dat 1000 residensiële verbruikers moontlik as 'n geskikte stelselgrootte beskou kan word.⁴⁸ Na keuse van die stelsel moet alle kleppe sowel as afsluitkrane deeglik nagegaan word vir digte afsluiting. Planne van die netwerkstelsel moet opgestel word en beskikbaar gemaak word aan die opsporingseenhede, die betrokke brandweerdepartement, en vir rekord doeleindes.

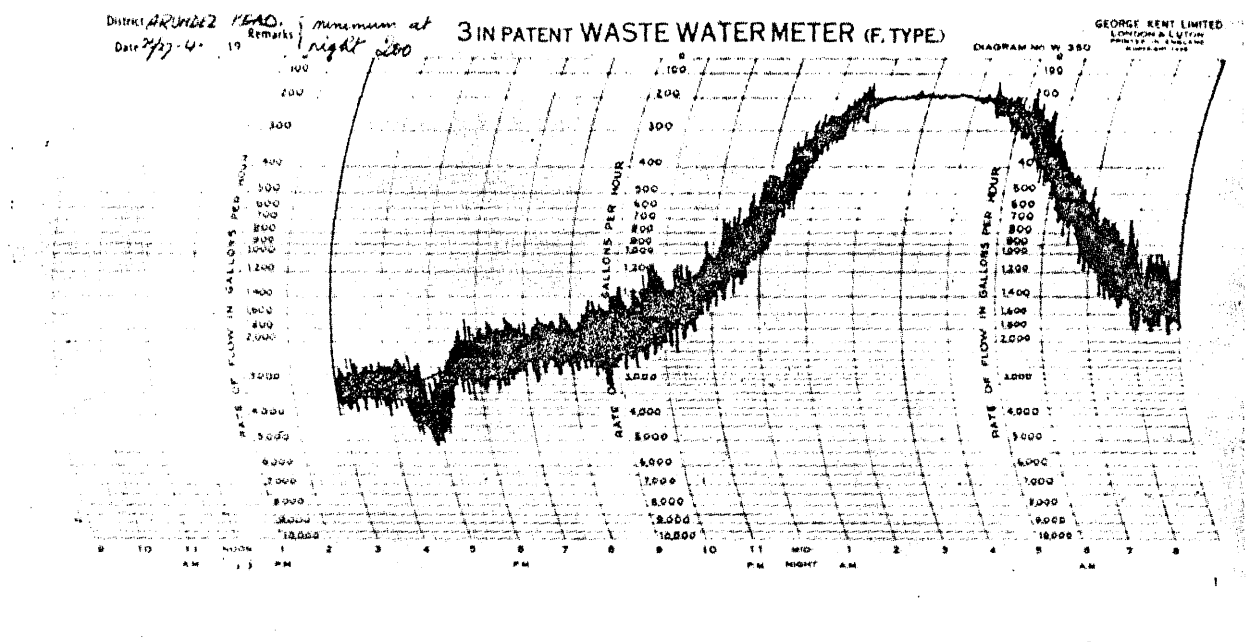
Verliesvloeimeters kan toegerus word met kaartregistreerders en word basies op drie wyses benut naamlik:

- i) Die bepaling van die verliesvloei van 'n netwerk.
- ii) Die bepaling van die minimum nagvloei van 'n saamgestelde netwerk.
- iii) Die benaderde vasstelling van die posisies van lekkasies in 'n netwerk.



verliesvloeiemeters wat geneem word wanneer alle perseel=
 aansluitings toegedraai is gee 'n akkurate beeld van die
 verliese in die netwerkstelsel as sulks.

Minimum nagvloei (MNV) bepaling, wat hoofsaaklik gedurende
 die periode 01h00 - 05h00 plaasvind, kan as indikasie dien
 aan die omvang van die verlies in 'n saamgestelde netwerk.⁵⁰
 Die MNV bevat 'n hoeveelheid nagtelike gebruik wat egter onder=
 skeikbaar is as pieke indien die vloeikaart van die verliesvloei=
 meter nagegaan word (sien figuur 6).

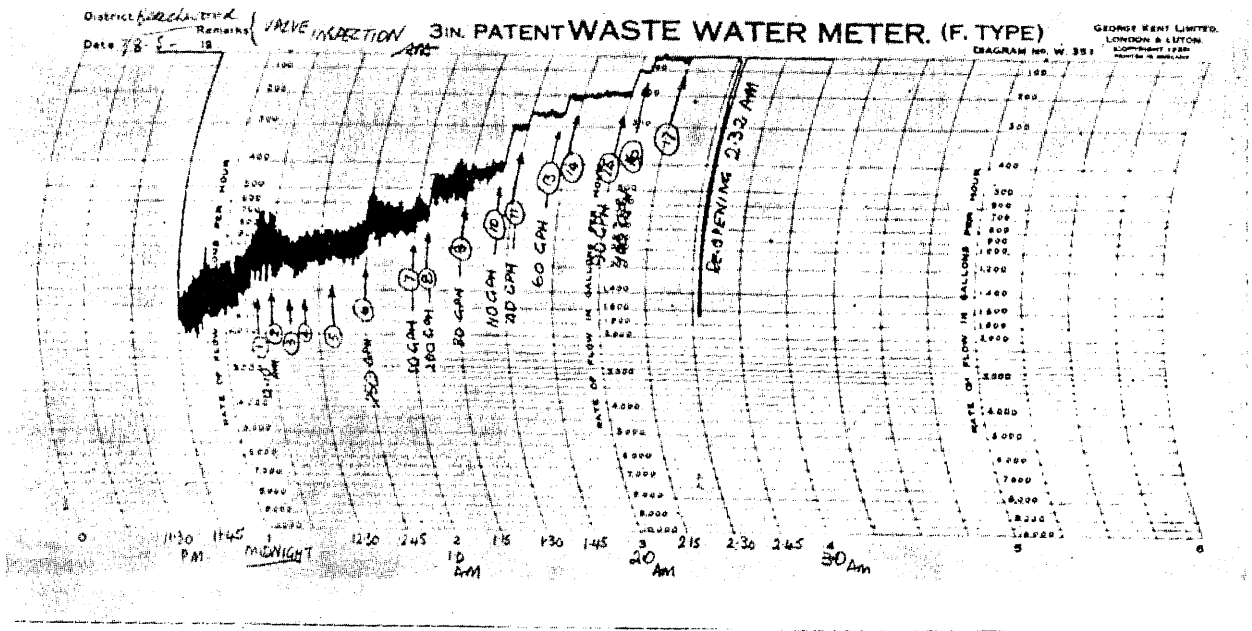


Figuur 6: Vloeikaart vir Tipiese Residensiële Area⁴⁹

MNV bevat verder verliese wat mag voorkom binne die residensiële
 persele wat inderwaarheid nie deel uitmaak van die netwerkstel=
 sel nie.

Verliesvloeieters word ook gebruik om by benadering die
 posisies van lekkasies te bepaal en dit is moontlik deur

progressief kleppe vanaf die mees buiteliggende dele van die stelsel toe te draai en dan MNV of verliesvloeiometings te neem. (Sien figuur 7).



Figuur 7: Vloeikaart van Verliesopsporing vir 'n Residensiële Area⁴⁹

'n Groot sprong op die vloeikaart soos by ⑩ is 'n sekere aanduiding van lekkasies, in dié geval 8,3 liter/minuut. Indien slegs die netwerk ondersoek word is dit noodsaaklik dat alle verbruikers se perseelaansluitings toegedraai word.

2.4.5 Lekkasioepsporing met behulp van Tussenstadiametering⁵¹

Die beginsels waarop tussenstadiametering gebaseer is, is baie soortgelyk aan dié van verliesmetering. Tussenstadia= metering dek egter 'n wyer veld en die NVW van 'n netwerk kan bepaal word deur die maandelikse vergelykings te tref tussen die som van die perseelmeters en die tussenstadia bulkmeters. Die algemene akkuraatheid van die perseelmeters kan dus ook

vasgestel word. Dit kan vir die waterverskaffende instansie van veel nut kan wees in die besluit of die verlies aan inkomste as gevolg van stadige meters groter is as die koste om die stelsel met nuwe meters toe te rus.

In Engeland, waar residensiële metering bykans glad nie uitgevoer word nie, is tussenstadiametering nie van veel nut nie en die metode van MNV-meting word daar gebruik. In Suid-Afrika waar metering van alle persele regeringsbeleid is, is tussenstadiametering 'n nuttige element in waterverliesbeheer. 'n Nadeel verbonde aan tussenstadiametering is dat sulke meters nie met kaartregistreerders toegerus kan word nie.

Met tussenstadiameters kan die volgende ondersoeke uitgevoer word:

- i) NVW-bepalings op 'n maandelikse basis
- ii) bepaling van die verliesvloei
- iii) benaderde vasstelling van posisies van lekkasies
- iv) vasstelling van die algemene korrektheid van perseel-meters

Tussenstadiametering maak gebruik van kombinasiemeters wat bereike van 1:1000 met 'n akkuraatheid van $\pm 2\%$ het. Die bereike van verliesvloeiometers is 1:200 met 'n akkuraatheid van $\pm 1\%$.

2.4.6 Lekkasioesporing met behulp van Kombinasiemetodes

Verliesvloei of MNV-metings met behulp van verliesvloeiometers tesame met die gebruik van soniese spoorapparaat lewer die mees suksesvolle resultate in lekkasioesporingsondersoeke. Na die afbakening van 'n pypnetwerkstelsel en installasie van 'n verliesvloeiometer kan verliesvloeiometings gemaak word en die resultate verkry, sal 'n aanduiding gee of die verlies

van die netwerk binne die aanvaarde limiete van onvermydelike verliese is al dan nie. Indien verliese hoër is as die toelaatbare verliesvloei kan die hele netwerk of slegs 'n gedeelte daarvan met behulp van 'n trapsgewyse ondersoek (sien fig. 7) nagegaan word. Die gedeeltes van die netwerk wat 'n groot afname toon wanneer 'n klep toegedraai word kan verder met behulp van soniese spoorapparaat noukeurig nagegaan word om die eksakte posisies van die lekkasie vas te stel.

2.4.7 Die Bepaling van NVW vir 'n Verliesvloeiarea

Volgens definisie is $NVW = a + b + c + d$

NVW word bepaal met behulp van meters en is die verskil tussen die toevoer tot 'n netwerk en die gemete gelewerde hoeveelheid aan verbruikers. NVW word op 'n maandelikse basis vasgestel.

Komponente $a + b$ van 'n netwerk word bepaal deur middel van verliesvloeiometings met behulp van tussenstadiameters of verliesvloeiometers. Tydens hierdie bepalinge word perseelaansluitings afgesluit en enige water wat die netwerk dan binnevloei verteenwoordig bogenoemde twee komponente.

Hierna word die netwerk deur middel van 'n trapsgewyse verliesvloeiondersoek nagegaan en enige afname in die verliesvloei as gevolg van die toedraai van 'n klep, en dus 'n uitskakeling van 'n deel van die netwerk, word dan met soniese spoorapparaat ondersoek. Nadat alle moontlike lekkasies gevind en herstel is word 'n tweede verliesvloeiometing uitgevoer. Die verskil tussen die eerste en tweede metings verteenwoordig dan komponent a naamlik die ekonomiese herstelbare verliese van die netwerk. Komponent b word verteenwoordig deur die waarde van die tweede verliesvloeiometing.

Komponent d word deur middel van meting en c deur berekening bepaal.

$$c = NVW - (a + b + d)$$

2.4.8 NVW bepaling en Waterverliesbeheer vir 'n Stad

Die NVW van 'n Stad as geheel word bepaal met behulp van metering aan beide kante van die totale netwerk. Indien die bulkmeters tot die netwerk akkuraat meet ($100 \pm 2\%$) en die meteringstelsel aan die leweringskant is ook akkuraat kan die werklike verliese met 'n redelike mate van sekerheid bepaal word.⁵²

Die eerste stap in 'n waterverliesbeheerprogram sal die daartelling van akkurate bulkmeters vereis. Indien daar geen sekerheid is oor die hoeveelheid water wat 'n stelsel binnevloei nie, kan daar geen begrip wees van wat werklik verlore gaan nie.

Akkurate perseelmeters lei gewoonlik tot 'n hoër inkomste aan gesien meters gewoonlik onderregistreer met verloop van tyd. Indien die NVW van 'n totale netwerk hoofsaaklik uit werklike verliese bestaan kan daar besluit word of hierdie verliese binne aanvaarbare limiete is al dan nie.

Op 'n kleiner skaal kan reservoir sones op bogenoemde wyse ondersoek word. So'n ondersoek sal uit die aard van die saak gemaak word vir sones waar die vermoede bestaan dat lekkasies wel voorkom. Die keuse van die sone sal afhang van pypmateriaal en ouderdom sowel as van korrosiewe- of poreuse grondtoestande. Indien die NVW van so'n sone hoog blyk te wees kan daar van visuele opsporingsmetodes sowel as gesofistikeerde spoorapparaat gebruik gemaak word om op hierdie wyse lekkasies op te spoor en te herstel. Die afname in NVW as gevolg van hierdie herstelwerk kan tot 'n mate gekorreleer word met die werklike gemete verlies van die onderskeie lekkasies.

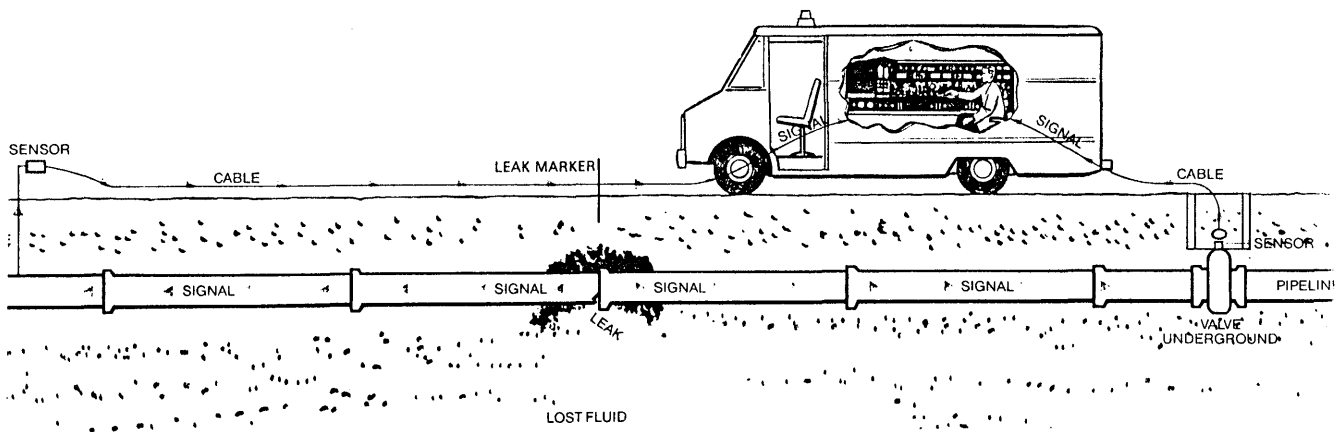
Aanvullend tot bogenoemde, veral waar die gereelde monitor van so'n sone noodsaaklik is kan daar van verliesvloeieters gebruik

gemaak word.⁵³ MNV-metings word dan aan die uitlaatkant van die reservoir geneem en hierdie waardes kan dan eerstens, vergelyk word met die toelaatbare maksimum onvermydelike verlies vir die totale pyplengte wat deur die reservoir bedien word. As tweede kontrole kan die MNV met die maksimum daaglikse vloei vergelyk word en 'n waarde van 1 : 12 vir 'n residensiële gebied kan as besonder goed beskou word.

Reservoir sones kan op hulle beurt in kleiner areas nl. verlies= vloeiareas, opgedeel word en opsporing van lekkasies kan dan geskied soos reeds in 2.4.5 genoem.

Sekere gebiede in 'n stad, bestaan gewoonlik uit nuwer pypmateriaal wat gelê is in neutrale grondtoestande en waar lekkasies vinnig bo die grond verskyn. Sulke areas vereis heelwat minder aandag en dit kan aanvaar word dat meeste groter lekkasies vinnig bo die grondoppervlakte sal verskyn waar hul dan visueel waarneembaar sal wees. Klein lekkasies wat voorkom by onder andere kleppe, afsluitkrane ens. kan met behulp van visuele metodes gevind en daarna herstel word. Die siklus van so'n sistematiese visuele ondersoek kan aansienlik varieer maar behoort minstens elke 1 - 2 jaar uitgevoer te word.

Wanneer soniese spoorapparaat⁵⁴ gebruik word is dit verkieslik dat gesofistikeerde apparaat (sien figuur 8) met goed opgeleide personeel gebruik word indien enige mate van sukses verwag word.



Figuur 8: Gesofistikeerde Lekkasië Opsporingsapparaat⁵⁴

3. EKSPERIMENTELE WERK EN VELDONDERSOEKE

Die eksperimentele werk en veldondersoeke kan onder twee afdelings ingedeel word:

- i) veldondersoeke na pypmateriale en konstruksiemetodes; en
- ii) veldondersoeke na NVW en sy komponente vir ses gekose netwerke van verskillende pypnetwerkmateriale en pypouderdomme.

3.1 VELDONDERSOEKE NA PYPMATERIALE EN KONSTRUKSIEMETODES

Die prosesse van pypvervaardiging, kwaliteitskontrole, fabriekshantering en vervoer na konstruksieterreine is as 'n geheel ondersoek. Hantering en vervoer van pypmateriale op die konstruksieterrein, asook die installasie daarvan is afsonderlik ondersoek. 'n Totaal van vyf fabriek en ses konstruksieterreine is vir die doel besoek.

3.1.1 Ondersoek betreffende Vervaardiging

'n Materiale ondersoek, veral betreffende kwaliteitsbeheer tydens vervaardiging, is onderneem en besoeke is afgelê by die fabriek van verskeie vername pypvervaardigers. Tydens hierdie besoeke is daar ook aandag geskenk aan pyphanteringsmetodes tydens en na vervaardiging asook wyse van vervoer met die klem op moontlike beskadiging tydens hierdie vorms van hantering.

Met hierdie ondersoeke was daar noue skakeling met die S A B S wat 'n besondere deeglike beheer uitoefen op alle vervaardigers wat gebruik maak van die S A B S merk. Daar word byvoorbeeld jaarliks ongeveer ses inspeksietoere uitgevoer by elke spesifieke pypvervaardiger se fabriek en op dié wyse word 'n streng kontrole uitgeoefen op sulke vervaardigers. Tydens hierdie inspeksietoere toets die S A B S tesame met die vervaardiger, 'n verskeidenheid pypgroottes vir vereiste sterkte eienskappe en toleransies.

'n Totaal van vyf fabriek is besoek waaronder daar een asbes= sement, twee staal- en twee plastiese pypvervaardigers was.

Besoek aan die Asbessementpypvervaardiger

Kwaliteitsbeheer gebaseer op afdelings 5 en 6 van die S A B S spesifikasies 286-1969 en 946-1969, is besonder goed gedurende die vervaardigingsproses, en alle pype ontvang die nodige nabehandeling. Elke individuele pyp word hidroulies gedruk= toets tot minstens 2 maal die werksdruk en toleransie en afmetings word ook nagegaan. Pype wat nie voldoen aan die kwaliteitsbeheer word afgekeur. Alle hulpstukke en koppel= stukke word ook deeglik nagegaan. Hantering van pype in die fabrieksterrein word versigtig en met geskikte apparaat gedoen. Vervoer vanaf die fabrieksterrein na die terrein van werke word met behulp van spesiale vragmotors gedoen. In die op- en af= laai prosesse word geskikte apparaat gebruik om beskadiging te voorkom.

Besoek aan Staalpypvervaardigers

By beide staalfabriek was kwaliteitsbeheer gebaseer op afdelings 5.0 en 6.0 van die American Petroleum Institute spesifikasie 1104-1973, goed. Staalpype word soms vervaardig volgens die kliënt se spesifikasies wat nie altyd aan die vereistes van die S A B S voldoen nie. Vir sekere pypbestellings, veral dié wat aan baie hoë werksdruke moet voldoen, was die kwali= teitskontrole aansienlik hoër as by ander bestellings. Kwali= teitskontrole word deur middel van hidrouliese druktoetse en X-straal metodes uitgevoer. In antwoord op vraelys No. 1 het een vervaardiger beweer dat slegs 0,001% van alle pype tydens hidrouliese druktoetsing bars en dat slegs 0,1% van die pype, wat op dié wyse getoets is, klein lekkasies getoon het.

Hantering van reeds vervaardigde pype vind op 'n bevredigende wyse plaas. Die beskermingslae, hetsy bitumen, galvanisering ensovoorts word soms beskadig tydens die hanterings- en vervoer= prosesse.

Besoeke aan Plastiese pypvervaardigers

Twee fabriek is besoek, een wat hoofsaaklik PVC, en die ander wat slegs HD-PE pype vervaardig. Kwaliteitskontrole was vir beide gevalle goed met gereelde toleransiemetings, visuele kontrole en versnelde swigtingstoetse, die drie stadia van kontrole. Hantering van pypmateriaal en padvervoer was bevredigend. Spoorvervoer laat egter soms veel te wense oor en beskadiging van materiaal vind in transit plaas. Beskadiging van pypmateriaal is nie altyd duidelik sigbaar nie, met die gevolg dat sulke materiaal geïnstalleer word. Faling van hierdie pype kan dus plaasvind binne 'n relatiewe kort periode van gebruik.

3.1.2 Onderzoek na Spesifikasie Vereistes

In hierdie ondersoek is daar onder andere 'n studie van spesifikasies ten opsigte van die hantering, stoor en installasie van pypmateriaal gemaak. Die spesifikasie van 'n aantal instansies is vergelyk met die model spesifikasie soos aangedui in aanhangsel A, en sodoende kon daar vasgestel word tot welke mate spesifikasies voldoen aan bogenoemde modelvereiste (sien tabel 11). Sulke spesifikasies gee natuurlik indirek 'n aanduiding van die gehalte werk wat tydens die installasie van pypgeleidings gehandhaaf behoort te word.

Instansie	Spesifikasie vereistes*			
	Hantering van pypmateriaal	Bedding van pypgeleidings	Korrektheid van installasie	Terugvulling van pypslote
1	B	A	B	B
2	B	A	A	A
3	B	B	A	A
4	B	B	A	A
5	C	B	B	B
6	C	B	B	B
7	B	C	A	C

Tabel 11: 'n Vergelyking van Spesifikasie Vereistes

* Simbole A, B en C dui as volg aan:
A spesifikasies goed, B spesifikasies bevredigend,
C spesifikasies onbevredigend

Soos uit tabel 11 blyk, het meeste instansies goeie of bevre= digende spesifikasies waarvolgens alle soorte waterpypgelei= dings geïnstalleer moet word. Die belangrikheid om duidelike volledige spesifikasies betreffend die installasie van pyplyne te vereis, kan nie oorbeklemt word nie. Swak, onduidelike of onbevredigende spesifikasie vereistes lei tot soortgelyke werk wat later hoë verliese in die verspreidingsnetwerke tot gevolg kan hê.

3.1.3 Ondersoek na Konstruksiemetodes en Prosedures

Tydens hierdie ondersoek is daar 'n studie gemaak van metodes en prosedure van installasie soos vergelyk met spesifikasie vereistes soos vervat in die model spesifikasie vir installasie van pypnetwerke. 'n Totaal van ses konstruksieterreine is besoek en ondersoek is ingestel na 'n verskeidenheid aspekte soos aangedui in die ondersoeklys nommer 1. Resultate van hierdie ondersoeke is vervat in tabel 12 en word uitgedruk as 'n persentasie.

Konstruksie terrein	% Sukses van Uitvoering volgens model Spesifikasie			
	Hantering van pypmateriaal	Bedding van pyp= geleidings	Korrektheid van installasie	Terugvulling van pypslote
1*	87	84	92	88
2*	93	80	92	84
3*	90	72	96	60
4	93	48	88	88
5	83	70	84	92
6	68	36	72	84

Tabel 12: Konstruksieprosedure Onderzoek

- * Terreine is in Kaapstad omgewing geleë waar beddings-en-terugvullingsmateriaal uitsluitlik met seesand uitgevoer word.

In die ondersoeklys word daar aangedui hoe bogenoemde persentasies bepaal is. Individuele persentasies in die ondersoeklys is gebaseer op vyf waarnemings vir elke syfer, indien moontlik, andersins twee. So byvoorbeeld sal 'n persentasie van 60% beteken dat drie van die vyf waarnemings, betreffende werkgehalte volgens die spesifikasie uitgevoer is.

Hantering en vervoer van pypmateriaal op die konstruksietere rein laat soms veel te wense oor. So-ook die installasie van pype en verwante werk soos duidelik blyk uit tabel 12. Hierdie tekortkominge kan tot 'n mate toegeskryf word aan onvoldoende of swak toesig deur die aannemers sowel as die toesighoudende instansies. Die werklike invloed wat hierdie swak uitvoering van installasie op die langtermyn NVW en verwante herstelwerk het, is nie bekend nie. Daar word egter vermoed dat dit van redelike omvang is.

3.2 VELDONDERSOEKE NA NVW EN SY KOMPONENTE

Vir die bepaling van NVW is daar drie areas in Kaapstad en drie in Pretoria gekies. Een toetsarea in Johannesburg sou met behulp van 'n verliesvloeimeter ondersoek word. Die pypmateriale vir die toetsareas het bestaan uit verskillende pypmateriale asook van dieselfde pypmateriaal met ouderdomsverskille.

Komponent b verteenwoordig die onvermydelike verliese in die NVW-vergelyking. Hierdie komponent is van besondere belang in die bestryding van werklike verliese aangesien die orde grootte daarvan 'n aanduiding gee van wanneer daar daadwerklik na lekkasies gesoek moet word al dan nie. Die toelaatbare maksimum waarde vir onvermydelike verliese sal uit die aard van die saak verskil vir verskillende pypmateriale asook vir dieselfde materiaal maar met ouderdomsverskille. Om hierdie rede is die toetsareas as sulks gekies.

3.2.1 Eksperimentele Program

Al die eksperimentele werk is in samewerking met die ingenieursdepartemente van die verskillende stede gedoen. Elke area sou vir 'n periode van drie maande ondersoek word en so'n program het die volgende behels:

- i) Die kies van 'n residensiële area met die lengte pyplyn wat die area bedien tussen drie en agt km lank. Die grootte van die area was afhanklik van die maksimum vermoë van die bulkmeter. Die lengte pyplyn het ook die aansluitingspype na die persele tot by die uitlaatkant van die perseelmeter ingesluit. Daar is gepoog om areas so te selekteer dat die pypnetwerk slegs uit 'n spesifieke pypmateriaal* bestaan het. Toevoer tot die netwerk sou slegs deur een toevoerpypgeleiding plaasvind en 'n bulk meter is in hierdie pypgeleiding geïnstalleer. Kombinasie bulkmeters, van die S A Liquid-tipe, is voor installasie en na voltooiing van die drie maande toetsperiode getoets vir akkuraatheid.
- ii) Alle afsluitkrane na die persele is nagegaan vir digte afsluiting en alle perseelmeters wat glad nie meer gefun=geer het nie is vervang met nuwe meters.
- iii) Twee verliesvloeiometings, uitgevoer met behulp van kombi=nasie bulkmeters, aan die begin en twee aan die einde van die drie-maande periode. Die metings is een week uitme=kaar geneem en die afname in verliesvloei te wyte aan die herstel van lekkasies, is met die geskatte vloei tempo van hierdie lekkasies op die terrein vergelyk.
- iv) Die netwerkstelsel van die area is met behulp van soniese spoorapparaat gefynkam en die posisies van alle moontlike lekkasies is vasgestel. Hierdie lekkasies is deur die betrokke stadsingenieursafdeling binne een week na opspo=ring herstel.

* Die Perseelaansluitings se pypmateriaal het gewoonlik verskil van die hoofnetwerk s'n.

- v) Die bepaling van NVW op 'n maandelikse basis vir 'n periode van drie maande, wat deur die stadsingenieurs=afdeling uitgevoer is.
- vi) Die bepaling van die orde grootte van ongemeterde aftrekkings.
- vii) Die bepaling van "verliese" as gevolg van stadige perseelmeters.
- viii) Die bepaling van maksimum toelaatbare waardes vir onvermydelike verliese vir pype met materiaal- en ouderdomsverskille.
- ix) Die bepaling van die verliesvloei en MNV met behulp van verliesvloeimeters vir een toetsarea.
- x) Die uitvoering van elementvloeitoetse.
- xi) Die bepaling van die invloed van drukveranderinge op die MNV.

3.2.2 Onderzoekresultate na NVW

'n Totaal van sewe toetsareas, geleë in drie verskillende stede is ondersoek.

3.2.2.1 Pypanalise van Toetsareas

Toetsarea	Aantal Persele	Pyp ouderdom & tipe (jaar)	Pyp Ø(mm) en lengte(m)				Totale lengte (m)
			12-20 Ø*	40-80 Ø	100 Ø	150 Ø	
Sanddrift	207	3 AS	850	-	1 973	1 395	4 218
Wonderboom	200	3 AS	1 180	2 841	1 006	-	5 472
Hazelwood	234	25 AS	1 400	48	5 926	338	7 712
Bridgetown	299	30 AS	430	1 252	1 924	-	3 606
Vredehoek	174	35 GY	950	-	2 422	113	3 485
Danville	194	25 ST	566	2 724	287	-	4 577
Glenesk**	169	35 ST	870	548	2 200	-	3 618

Tabel 13: Pypanalise vir Toetsareas

* Benaderde waarde

** Geen NVW bepalinge vir die area gedoen nie.

Die perseelaansluitings van Sanddrift, Bridgetown en Vredehoek het uit koper bestaan en dié van die oorblywende vier toetsareas uit gegalvaniseerde staal. Al bogenoemde toetsareas, uitsluitend Glenesk, is via 100 x 40 mm Ø kombinasiemeters voorsien.

Afhangende van die perseelgroottes kan die pypnetwerk wat 'n area voorsien, heelwat verskil. 'n Ekwivalente aantal persele in Wonderboom sal 'n pyplengte van naastenby 8,2 km vereis in vergelyking met dié van Bridgetown van slegs ongeveer 3,6 km. Die seleksie van 'n verliesvloei area is derhalwe afhanklik van beide die pyplengte en aantal persele bedien.

3.2.2.2 Verliesvloei tempo's, Lekkasioesporing en maksimum aanvaarbare Onvermydelike Verliese vir ses Toetsareas Komponente a en b

Die doel met verliesvloei bepalings was eerstens om vas te stel wat die lekkasietoestand van 'n netwerk was alvorens daar met die drie-maandelikse toetsperiodes 'n aanvang geneem is. Tweedens, sou daar maksimum aanvaarbare waardes vir onvermydelike verliese vir die verskillende tipe pypmateriaal en ouderdom vasgestel word. Dit sou geskied nadat alle lekkasies wat met behulp van soniese sporingstoestel gevind kon word, herstel is.

i) Sanddrift

Datum	Verliesvloei tempo		
	ℓ/min.km	ℓ/min.ans*	%**
6.5.76	0,50	0,011	3,5
13.5.76	0,71	0,016	5,0
18.5.76	0,88	0,020	6,2
25.8.76	0,59	0,013	3,9

Tabel 14: Verliesvloei tempo vir Sanddrift

* ℓ/min.ans (liter per minute per aansluiting)

** Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloei tempo

Uit tabel 14 is dit duidelik dat die verliesvloei besonder gunstig voorkom in vergelyking met waardes soos aangedui op bladsy 9.

Tydens die soniese ondersoek van 6 - 13 Mei is daar drie lekkasies (klein) gevind wat almal by die afsluitkrane van die persele voorgekom het. Na raming het hierdie lekkasies ongeveer 0,2 l/min·km beloop. Hierdie drie lekkasies is herstel voor die tweede verliesvloei-meting van 13 Mei 1976 geneem is. Die verliesvloei-meting van 13 Mei 1976 toon 'n hoër waarde as die eerste een wat teenstrydig is met die gedagte dat indien lekkasies herstel word die verlies kleiner behoort te wees. Die lekkasietoestand van 'n pypstelsel is egter nie konstant nie en die moontlikheid vir 'n lekkasie om uit te breek is gedurig daar. Die derde verliesvloei-meting van 18 Mei 1976 toon 'n nog hoër waarde wat die ontstaan van 'n nuwe lekkasie baie moontlik maak.

Tydens die drie-maande toetsperiode was daar geen breke en dus geen herstelwerk aan die pypnetwerk nie.

Met die tweede lekkasieopsporingsondersoek van 24 Augustus tot 3 September 1976 is daar ses lekkasies (klein) gevind wat weereens by die afsluitkrane voorgekom het. Hierdie lekkasies het weereens na raming ongeveer 0,2 l/min·km beloop. Slegs een verliesvloei-meting is geneem aangesien 'n besondere lae vloei tydens die eerste lesing waargeneem is naamlik 0,59 l/min·km. Die ses lekkasies is herstel.

Maksimum aanvaarbare waardes gebaseer op tabel 14, vir onvermydelike verliese vir nuwe asbessementpype (0 - 10 jaar) kan as tussen 0,5 en 1,0 l/min·km geneem word, wat in bogenoemde geval 4-7% van die gemiddelde maandelikse vloei beloop. Dit is dan die orde grootte verlies wat aanvaar kan word.

ii) Wonderboom

Datum	Verliesvloei tempo		
	ℓ/min•km	ℓ/min•ans	%*
12.4.77	1,28	0,035	3,0
3.8.77	1,13	0,031	2,6

Tabel 15: Verliesvloei tempo vir Wonderboom

Die verliesvloei vir Wonderboom was besonder laag tydens beide ondersoeke soos duidelik in tabel 15 aangetoon.

Tydens die eerste soniese ondersoek van die area is geen lekkasies in die pype self opgespoor nie maar daar was wel drie kleppe wat gelek het. As gevolg van die lae verliesvloei met die eerste ondersoek is daar besluit dat 'n tweede verliesvloei=bepaling aan die begin van die drie maande toetsperiode onnodig sou wees. Met die tweede soniese ondersoek van 3 Augustus 1977 is geen lekkasies in die pypgeleidings opgespoor nie en daar het slegs een brandkraan en een klep gelek. Na beraming was hierdie lekkasies ongeveer gelyk aan 1,0 ℓ/min, wat ekwivalent is aan 0,18 ℓ/min•km.

Uit tabel 15 wil dit voorkom asof die maksimum aanvaarbare waardes vir onvermydelike verliese in hierdie geval in die orde van 1,2 tot 1,4 ℓ/min•km beloop.

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloei tempo.

iii) Hazelwood

Datum	Verliesvloei tempo		
	ℓ/min·km	ℓ/min·ans	%*
27.4.77	8,95	0,304	23,4
10.5.77	4,00	0,136	10,4
29.8.77	5,19	0,176	11,9
12.9.77	3,63	0,123	8,3

Tabel 16: Verliesvloei tempo vir Hazelwood

Uit tabel 16 kan gesien word dat die werklike verliese van die area met die eerste verliesvloei meting van 27 April 1977, 8,95 ℓ/min·km (23,4%) beloop, wat besonder hoog is. Na die herstel van alle sigbare en sonies spoorbare lekkasies het die verliesvloei verminder na 4,0 ℓ/min·km (10,4%) wat egter nog effens hoog is. Met die derde meting van 29 Augustus 1977 het die verliesvloei weer toegeneem as gevolg van lekkasies wat gedurende die periode ontstaan het. Die verliesvloei het egter verminder na 3,63 ℓ/min·km (8,3%) na herstel van alle lekkasies.

Die Hazelwoodarea het 'n hoë grondwatertafel en toestande oor die algemeen is besonder korrosief. Die asbessement hoofgeleidings word egter nie eintlik aangeval nie, maar wel die gegalvaniseerde aansluitingspype wat dan ook die oorsaak van meeste lekkasies is. Bogenoemde is dus 'n duidelike voorbeeld van 'n geleiding wat nie aanpas by die grondtoestande van die omgewing nie.

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloei tempo

Tydens die eerste soniese ondersoek van 27 April 1977 is daar drie groot lekkasies opgespoor. Al drie hierdie lekkasies het vir maande, indien nie jare, gelek. Die Stadsraad van Pretoria het twee van hierdie lekkasies toegeskryf aan syfer= water aangesien daar geen breke in die omgewing van waar die water bo die grond verskyn het nie, gevind kon word nie. Daar is ook gevind dat ses kleppe, ses afsluitkrane en een brandkraan verantwoordelik was vir verliese uit die netwerk. Met die tweede soniese ondersoek van 29 Augustus 1977 is twee lekkasies, beide by aansluitingspype, drie kleppe en 11 afsluitkrane gevind wat lek. Hierdie lekkasies is herstel.

Die verliesvloei van die herstelde netwerk van die area is redelik hoog naamlik 3,63 l/min·km. Dit is ook redelik seker dat klein lekkasies gereeld in die toekoms sal voorkom met 'n gevolglike verhoging van die verliesvloei. As gevolg hiervan sal dit dus raadsaam wees om die area gedurig te monitor met behulp van 'n verliesvloeimeter. Maksimum aanvaarbare onvermydelike verliese vir Hazelwood kan nie gebaseer word op bo genoemde waarde van 3,63 l/min·km nie aangesien hierdie hoë waarde hoofsaaklik toegeskryf kan word aan verweerde perseel= aansluitings en nie soseer aan die asbessement hoofgeleidings nie.

iv) Bridgetown

Datum	Verliesvloei tempo		
	l/min·km	l/min·km	%*
14.5.76	1,66	0,020	6,3
30.8.76	2,50	0,030	9,6

Tabel 17: Verliesvloei tempo vir Bridgetown

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloei tempo

Soos blyk uit tabel 17 het die eerste verliesvloei-meting 'n waarde van 1,66 l/min·km getoon alhoewel daar geen lekkasies met behulp van die soniese spoorapparaat waargeneem kon word nie.

Die tweede verliesvloei-meting van 30 Augustus 1976 moes noodgedwonge tydens die dag uitgevoer word. Verliesvloei-metings wat bedags uitgevoer word is selde suksesvol aangesien ont-trekkings via brandkrane en perseelaansluitings, wat deur die eienaars oopgedraai word tydens die metings, kan plaasvind. Die waarde verkry vir 30 Augustus is dus benaderd..

In beide die Mei en Augustus 1976 soniese ondersoeke is geen lekkasies opgespoor nie.

Maksimum aanvaarbare waardes, gebaseer op tabel 17, vir onvermydelike verliese blyk in die orde van 1,5 tot 2,5 l/min·km vir asbessementtype van ouer as 20 jaar te beloop.

v) Vredehoek

Datum	Verliesvloei-tempo		
	l/min·km	l/min·km	%*
12.5.76	2,67	0,053	7,5
17.5.76	2,38	0,048	6,7
27.8.76	2,01	0,040	5,5

Tabel 18: Verliesvloei-tempo vir Vredehoek

Tydens die verliesvloei-metings van 12 en 17 Mei 1976 (sien tabel 18) is daar vermoed dat een van die 100mm Ø afsluitkleppe wat afgesluit is om die area te isoleer, nie geheel en al dig geseël het nie en dat 'n vloei, wat as 'n verlies sou registreer, vanaf die toetssone (hoë druk) na 'n laer druksone tydens die metings plaasgevind het. Na 'n ondersoek is dit vasgestel dat die klep wel lek en teen 'n tempo van ongeveer 1 l/min. Hierdie klep is op 20 Mei 1976 vervang.

Die verliesvloei meting van 2,38 l/min·km van 17 Mei 1976 toon 'n laer waarde as die eerste meting en wel met 'n hoeveelheid ekwivalent aan die verlies via die twee lekkasies soos op die terrein gemeet. Indien die 2 l/min vloeï van die deffektiewe klep in ag geneem word, verminder die verliesvloei verder en wel met 0,57 l/min·km, wat dit dan effektief op 1,81 l/min·km te staan bring.

Twee lekkasies (relatief klein) is tydens die Mei 1976 soniese sporingsonderzoek in die netwerkstelsel gevind wat tesame omtrent 'n verlies van 0,29 l/min·km gelewer het. Tydens die tweede soniese ondersoek van Augustus 1976 is drie klein lekkasies gevind (by afsluitkrane). Die orde grootte van hierdie lekkasies was egter so klein dat 'n tweede verliesvloei meting nie na die herstel van die lekkasies nodig geag is nie.

Maksimum aanvaarbare waardes, gebaseer op tabel 18, vir onvermydelike verliese kan as tussen 2,0 - 2,5 l/min·km vir gietysterpype ouer as 20 jaar geneem word. Vir die Vredehoekarea beteken dit dat onvermydelike verliese altyd ten minste 5% van die gelewerde water sal bedra.

vi) Danville

Datum	Verliesvloei tempo		
	l/min·km	l/min·ans	%*
12.5.77	4,37	0,114	9,8
1.9.77	1,49	0,039	3,0

Tabel 19: Verliesvloei tempo vir Danville

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloei tempo

Soos blyk uit tabel 19 toon die eerste verliesvloei-meting 'n redelike hoë waarde van 4,37 l/min·km (9,8%). Daar word egter vermoed dat van die afsluitkrane tydens die meting deur eienaars oopgedraai is en bogenoemde waarde is dus nie heeltemaal betroubaar nie. Lekkasies wat onder andere by kleppe voorgekom het, het ongeveer 0,87 l/min·km beloop. 'n Aangepaste waarde van 3,50 l/min·km is derhalwe in die NVW berekeninge gebruik. Die tweede verliesvloei-meting het 'n lae vloei van 1,49 l/min·km (3,0%) opgelewer, en 'n verdere meting is dus as onnodig beskou.

Geen lekkasies is tydens die eerste sporing van 12 Mei 1977 in die netwerkstelsel gevind nie. 'n Totaal van vier kleppe en een afsluitkraan het wel gelek om tesame 'n verliesvloei van ongeveer 4,0 l/min·km te veroorsaak. Tydens die tweede soniese ondersoek van 1 September 1977 is daar slegs twee klein lekkasies by afsluitkrane gevind.

Maksimum aanvaarbare waardes vir die onvermydelike verliese kan volgens tabel 19 as tussen 1,5 en 3,0 l/min·km vir 'n staalnetwerk ouer as 20 jaar geneem word.

3.2.2.3 NVW in ses Toetsareas

i) Sanddrift

Periode		Gemiddelde vloei tempo l/min·km	NVW		
van	tot		l/min·km	l/min·km	%*
3.6.76	1.7.76	14,21	1,08	0,024	7,6
1.7.76	29.7.76	14,32	0,84	0,019	5,9
29.7.76	26.8.76	15,22	0,85	0,019	5,6

Tabel 20: NVW vir Sanddrift

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloei tempo

Die afname van die NVW, soos blyk uit tabel 20, vanaf die eerste toetsmaand na die tweede kan toegeskryf word aan 'n lekkasie wat gedurende die eerste toetsmaand ontstaan het en wat herstel is. Ongemeterde aftrekkings dra ook gedeeltelik daartoe by en meet 0,04 l/min·km. Sanddrift toon oor die algemeen 'n besonder lae en gunstige NVW wat oor die algemeen te wagte is van 'n nuwe netwerkstelsel.

ii) Wonderboom

Periode		Gemiddelde vloeitempo l/min·km	NVW		
van	tot		l/min·km	l/min·ans	%*
27.4.77	25.5.77	43,39	3,86	0,106	8,9
25.5.77	24.6.77	43,06	3,52	0,096	8,2
24.6.77	26.7.77	42,90	3,42	0,094	8,0

Tabel 21: NVW vir Wonderboom

Uit tabel 21 kan dit gesien word dat die NVW 'n effense afname toon vanaf die eerste toetsmaand tot die tweede. Hierdie afname kan toegeskryf word aan 'n lekkasie wat gedurende die eerste toetsperiode ontstaan het, asook as gevolg van ongemeterde aftrekkings wat 0,09 l/min·km vir die periode beloop het. Die NVW vir hierdie toetsarea blyk ook besonder gunstig te wees.

iii) Hazelwood

Periode		Gemiddelde vloeitempo l/min·km	NVW		
van	tot		l/min·km	l/min·km	%*
26.5.77	27.6.77	38,33	5,18	0,176	13,5
27.6.77	27.7.77	38,32	5,20	0,177	13,6
27.7.77	24.8.77	43,79	6,47	0,220	14,8

Tabel 22: NVW vir Hazelwood

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo

Soos blyk uit tabel 22 is die NVW vir die eerste twee toetsperiodes baie dieselfde. Die toename in NVW vir die derde toetsmaand moet toegeskryf word aan lekkasies wat gedurende hierdie periode ontstaan het. Die NVW vir hierdie area is redelik hoog en dit kan hoofsaaklik toegeskryf word aan onvermydelike- sowel as meteringsverliese.

iv) Bridgetown

Periode		Gemiddelde vloeitempo $\ell/\text{min}\cdot\text{km}$	NVW		
van	tot		$\ell/\text{min}\cdot\text{km}$	$\ell/\text{min}\cdot\text{ans}$	%*
4.6.76	2.7.76	26,25	11,80	0,142	45,0
2.7.76	30.7.76	26,15	11,56	0,139	44,2
30.7.76	27.8.76	25,91	11,12	0,134	42,9

Tabel 23: NVW vir Bridgetown

NVW vir hierdie toetsarea soos aangedui in tabel 23, blyk besonder hoog te wees. Geen herstelbare lekkasies het gedurende die drie-maande toetsperiode voorgekom nie. Hierdie hoë NVW moet derhalwe hoofsaaklik toegeskryf word aan onvermydelike verliese sowel as onderregistrerende perseelmeters.

v) Vredehoek

Periode		Gemiddelde vloeitempo $\ell/\text{min}\cdot\text{km}$	NVW		
van	tot		$\ell/\text{min}\cdot\text{km}$	$\ell/\text{min}\cdot\text{ans}$	%*
3.6.76	1.7.76	35,73	13,00	0,260	36,4
1.7.76	19.7.76	35,97	13,17	0,264	36,6
29.7.76	26.8.76	36,71	13,81	0,277	37,6

Tabel 24: NVW vir Vredehoek

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo

Uit tabel 24 kan gesien word dat die NVW redelik konstant bly vir die eerste twee toetsmaande. Die effense toename in die derde toetsmaand kan toegeskryf word aan twee klein lekkasies wat ontstaan het. Die NVW vir hierdie netwerk is egter besonder hoog en soos dit later blyk is dit hoofsaaklik toe te skryf aan meterverliese.

vi) Danville

Periode		Gemiddelde vloeitempo ℓ/min·km	NVW		
van	tot		ℓ/min·km	ℓ/min·ans	%*
2.6.77	30.6.77	44,78	9,98	0,259	22,3
30.6.77	1.8.77	47,25	10,35	0,269	21,9
1.8.77	19.8.77	50,32	10,92	0,284	21,7

Tabel 25: NVW vir Danville

Uit tabel 25 is dit interessant om op te merk dat 9,98 ℓ/min·km gemeet vir die eerste toetsmaand ekwivalent is aan 22,3% terwyl 10,92 ℓ/min·km ekwivalent is aan 21,7% vir die derde toetsmaand. Hierdie teenstrydigheid kan toegeskryf word aan 'n verhoogde verbruik in die derde toetsmaand wat op hierdie wyse die persentasie beïnvloed maar nie die ℓ/min·km nie.

3.2.2.4 Ongemeterde Aftrekkings vir Ses Toetsareas - Komponent d

Ongemeterde aftrekkings is tydens die drie-maande toetsperiode vir al ses die areas met behulp van gemeterde staankrane bepaal.

Uit tabel 26 is dit duidelik dat ongemeterde aftrekkings besonder laag is vir ontwikkelde residensiële areas en kan derhalwe geïgnoreer word vir die NVW vergelyking.

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo

Toetsarea	1e Toetsmaand	2e Toetsmaand	3e Toetsmaand
Sanddrift	0,04	0,00	0,00
Wonderboom	0,09	0,00	0,13
Hazelwood	0,00	0,00	0,05
Bridgetown	0,00	0,00	0,08
Vredehoek	0,00	0,00	0,00
Danville	0,00	0,00	0,00

Tabel 26: Ongemeterde Aftrekkings (l/min•km)

3.2.2.5 "Verliese" as gevolg van onderregistrerende Perseel= meters - Komponent c

i) Sanddrift

Periode		NVW l/min•km	Gemiddelde Verliesvloei (a-b) l/min•km	Ongemeterde Aftrekkings (d) l/min•km	Perseelmeter "verlies"(c)	
van	tot				l/min•km	%
3.6.76	1.7.76	1,08	0,7(5,0%)*	0,04	0,33	2,3
1.7.76	19.7.76	0,84	0,65(4,5%)*	0,00	0,19	1,3
29.7.76	26.8.76	0,85	0,59(3,9%)*	0,00	0,26	1,7

Tabel 27: "Verliese" as gevolg van onderregistrerende
Perseelmeters - Sanddrift

Die "verliese" as gevolg van onderregistrerende perseelmeters bly redelik konstant met die afname van 1% vir die tweede toetsmaand moontlik as gevolg van vier perseelmeters wat vervang is met nuwe meters. Die afname van 1% is egter nie veel seggend nie aangesien meters oor die algemeen $100 \pm 2\%$ akkuraat is. 'n Meterverlies van ongeveer 2% blyk besonder gunstig te wees.

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo
c = NVW - (a + b + d)

ii) Wonderboom

Periode		NVW ℓ/min•km	Gemiddelde Verliesvloei (a+b) ℓ/min•km	Ongemeterde Aftrekkings (d) ℓ/min•km	Perseelmeter "verlies" (c)	
van	tot				ℓ/min•km	%*
27.4.77	25.3.77	3,86	1,28	0,09	2,49	5,7
25.5.77	24.6.77	3,52	1,20	0,00	2,32	5,4
24.6.77	26.7.77	3,42	1,13	0,13	2,16	5,0

Tabel 28: "Verliese" as gevolg van onderregistrerende Perseelmeters - Wonderboom

Die Wonderboom toetsarea is nog 'n nuwe netwerk, ongeveer drie jaar in gebruik, en derhalwe is die meterverliese heelwat laer in verhouding met byvoorbeeld die Bridgetown en Vredehoek areas. Dit is verder duidelik uit tabel 28 dat daar altyd 'n "verlies" sal wees as gevolg van onderregistrerende perseelmeters wat sal toeneem met verloop van tyd. Die afname in meterverliese gedurende die drie-maande toetsperiode is nie duidelik nie. Hierdie afname is egter baie klein en kan nie as veelseggend beskou word nie.

iii) Hazelwood

Periode		NVW ℓ/min•km	Gemiddelde Verliesvloei (a+b) ℓ/min•km	Ongemeterde Aftrekkings (d) ℓ/min•km	Perseelmeter "verlies" (c)	
van	tot				ℓ/min•km	%*
26.5.77	27.6.77	5,18	4,00	0,00	1,18	3,1
27.6.77	27.7.77	5,20	4,10	0,00	1,10	2,9
27.7.77	24.8.77	6,47	5,19	0,05	1,23	1,8

Tabel 29: "Verliese" as gevolg van onderregistrerende Perseelmeters - Hazelwood

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo

Dit wil voorkom asof die "verlies" as gevolg van onderregis=trerende meters oor die gemiddeld besonder laag is soos blyk uit tabel 29. Die area is reeds oud en heelwat van die perseel=meters is reeds vervang. Die moontlikheid dat sekere van die perseelmeters vinnig lees en derhalwe bydra tot hierdie lae meter "verlies" kan nie uitgesluit word nie.

iv) Bridgetown

Periode		NVW ℓ/min•km	Gemiddelde Verliesvloei (a+b) ℓ/min•km	Ongemeterde Aftrekkings (d) ℓ/min•km	Perseelmeter "verlies" (c)	
van	tot				ℓ/min•km	%*
4.6.76	2.7.76	11,80	1,66 (6,3%)	0,00	10,14	38,6
2.7.76	30.7.76	11,56	1,08 (8,0%)	0,00	9,48	36,3
30.7.76	27.7.76	11,12	2,50 (9,6%)	0,08	8,54	33,0

Tabel 30: "Verliese" as gevolg van onderregistrerende Perseelmeters - Bridgetown

"Verliese" as gevolg van perseelmeters, soos blyk uit tabel 30, beloop 10,14 ℓ/min•km (38,6%) vir die eerste toetsmaand wat besonder hoog is. Die gebied is egter reeds oud en talle meters is ouer as 10 jaar.

Dit word vermoed dat balklepeenhede in meeste huise oor die algemeen meer as 20 jaar oud is en dus nie meer baie dig afsluit nie. Die gevolg hiervan is dat daar gedurig 'n lae vloei voorkom wat nie op die perseelmeters registreer nie. Tesame hiermee is die gemiddelde maandelikse verbruik per wooneenheid baie laag (240 ℓ/wooneenheid wat ekwivalent is aan 36 ℓ/kapital•dag) en dus maak die "verlies" as gevolg van onderregistrerende meters 'n groot deel uit van die gemiddelde vloei en dus die hoë persentasie "verlies". Die afname in meterverliese vanaf 11,16 tot 9,56 ℓ/min•km is nie in geheel verklaarbaar nie maar bedraend daartoe is die feit dat ouer perseelmeters gedurende die toetsperiode met nuwe meters vervang is.

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo

As gevolg van hoë meter "verliese" in hierdie area is daar besluit om 33 willekeurige gekose meters te verwyder en te toets vir akkuraatheid volgens die vereistes van Mate en Gewigte soos uiteengesit in tabel 2. Resultate van hierdie ondersoek volg in die onderstaande tabel.

Akkuraatheid %	Aantal Meters (12mm Ø)		
	Vloeitempo (l/min)		
	Lae (0,4)	Medium (22,8)	Vinnig (34,1)
110-114			1
106-110			
102-106			
98-102*	2	22	20
94-98	3	10	9
90-94			1
86-90	1		
82-86		1	1
78-82	1		1
74-78			
70-74	1		
60-70			
< 60	25		
Totaal	33	33	33

Tabel 31: Meterakkuraatheid vir Bridgetown

Uit tabel 31 is dit duidelik waarom die meterverliese vir hierdie area so hoog is. Uit 'n totaal van 33 meters het 25 slegs 60% van die water wat in die lae vloeibereik deurvloei, gemeet. Inderwaarheid het 20 van die 33 meters minder as 10% akkuraat gemeet by die lae vloeitempo's.

* Akkuraatheid soos vereis deur Mate en Gewigte

v) Vredehoek

Periode		NVW ℓ/min·km	Gemiddelde Verliesvloei (a+b) ℓ/min·km	Ongemeterde Aftrekkings (d) ℓ/min·km	Perseelmeter "verlies" (c)	
van	tot				ℓ/min·km	%*
3.6.76	1.7.76	13,00	2,28(6,7%)*	0,00	10,72	30,9
1.7.76	29.7.76	13,17	2,19(6,1%)*	0,00	10,98	30,5
29.7.76	26.8.76	13,81	2,01(5,5%)*	0,00	11,80	32,1

Tabel 32: "Verliese" as gevolg van onderregistrerende Perseelmeters - Vredehoek

Soos aangedui in tabel 32 is die "verliese" as gevolg van onderregistrerende perseelmeters weereens besonder hoog en die toename vanaf 10,72 ℓ/min·km (30,9%) na 11,80 ℓ/min·km (32,1%) is moontlik as gevolg van 'n verdere verswakking van die meterings=toestand.

Om bogenoemde meterverliese vir die Vredehoek toetsarea te bevestig is daar 'n totaal van 26 meters verwyder en vir akkuraatheid getoets. Hierdie meters was na willekeur gekies en resultate van die toets word aangedui in tabel 33.

Uit tabel 33 blyk dit dat die perseelmeters oor die algemeen te laag registreer. Bydraend tot die hoë meter "verliese" is die feit dat heelwat van die perseelmeters in die area, > 25mm Ø is. Slegs twee van hierdie meters is vir akkuraatheid ondersoek en een daarvan het onder 10% geregistreer vir beide die lae en hoë vloei bereike.

* Akkuraatheid soos vereis deur Mate en Gewigte

Akkuraatheid %	Aantal Meters (12mm Ø)		
	Vloeitempo (ℓ/min)		
	Lae (0,4)	Medium (22,8)	Vinnig (34,1)
110-114			
106-110			
102-106			
98-102*	6	20	16
94-98	9	4	7
90-94	2		
96-90	1	1	
82-86	5		
78-82			1
74-78	1	1	
70-74			
60-70	1		
< 60	1		2
Totaal	26	26	26

Tabel 33: Meterakkuraatheid vir Vredehoek

vi) Danville

Periode		NVW ℓ/min•km	Gemiddelde Verliesvloei (a+b) ℓ/min•km	Gemiddelde Aftrekkings (d) ℓ/min•km	Perseelmeter "verlies"(c)	
van	tot				ℓ/min•km	%* *
2.6.77	30.6.77	9,98	3,50	0,00	6,48	14,5
30.6.77	1.8.77	10,35	2,50	0,00	7,85	16,6
1.8.77	29.8.77	10.92	1,49	0,00	9,43	18,7

Tabel 34: "Verlies as gevolg van onderregistrerende Perseelmeters - Danville

* Akkuraatheid soos vereis deur Mate en Gewigte

** Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo

Uit tabel 34 is dit duidelik dat die akkuraatheid van die meterstelsel van die area besig is om te verswak. Die verliesvloei van 4,37 l/min·km gemeet op 12 Mei 1977 en aangepas tot 4,0 l/min·km moet egter nie as korrek beskou word nie as gevolg van oorsake reeds genoem. By implikasie beteken dit dat die meterings "verliese" hoër behoort te wees vir beide die eerste en die tweede toetsmaande. 'n Verdere faktor wat kan bydra tot hierdie hoë "verliese", indien uitgedruk as 'n persentasie, is as gevolg van die lae per kapita verbruik, sien Bridgetown toetsarea vir soortgelyke geval.

3.2.2.6 Onderzoek van Glenesk met behulp van 'n Verliesvloei-meter en Soniese Spoorapparaat

Tydens hierdie ondersoek is die volgende uitgevoer en bepaal:

- i) Verliesvloei tempo.
- ii) Variasie in die verliesvloei met drukveranderinge.
- iii) Die aantal lekkasies in die netwerk met behulp van soniese sporing.
- iv) Elementvloei toets met perseelaansluitings afgesluit.
- v) MNV-bepaling.
- vi) Variasie in die MNV met drukveranderinge.
- vii) MNV verhouding tot maksimum daaglikse vloei.
- viii) Elementvloei toets met perseelaansluitings oop.

Die druk in hierdie netwerk het gevarieer tussen 0,68 en 0,72 MPa tydens al die ondersoeke behalwe by die drukveranderingsstoetse.

i) Verliesvloei tempo

Datum	Verliesvloei tempo		
	l/min·km	l/min·ans	%*
17.8.77	3,45	0,074	7,2
18.8.77	3,22	0,069	6,9

Tabel 35: Verliesvloei tempo vir Glenesk

Die Verliesvloei van Glenesk soos blyk uit tabel 35, is nie besonder hoog nie. Bogenoemde waarde van 3,22 l/min·km moet egter nie verwar word met die maksimum aanvaarbare onvermydelike verliese aangesien daar wel lekkasies in Glenesk netwerk voorgekom het.

ii) Verliesvloei tempo met Drukveranderinge

Met hierdie ondersoek is die druk varieer en die afname in die verliesvloei is waargeneem met die gepaardgaande afname in druk.

Druk MPa	Verliesvloei tempo		
	l/min·km	l/min·km	%*
0,71	3,45	0,074	12,3
0,25	0,69	0,002	2,5

Tabel 36: Verliesvloei tempo met Drukverandering

Uit tabel 36 is dit baie duidelik dat indien die druk verminder, die verliesvloei ook aansienlik verminder. Hierdie resultate is egter nie heeltemal betroubaar nie aangesien die vloei tempo besonder laag was vir hierdie grootte meter.

iii) Lekkasieopsparing

Met soniese sporing van 8 Augustus 1977 is daar een lekkasie in 'n perseelaansluitingspyp gevind, twee kleppe en drie afsluitkrane het ook gelek.

iv) Elementvloei toets met Perseelaansluitings afgesluit

'n Elementvloei toets is uitgevoer en die netwerk is in elf elemente onderverdeel. Hierdie toets was nie veelseggend nie aangesien daar 'n klep tydens die ondersoek begin lek het. Die

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloei tempo

verliesvloei vir die netwerk was relatief laag en die lekkasie in element (5), wat ook deur die soniese sporing waargeneem is, het 'n verliesvloei van 1,38 l/min·km van die totaal opgelewer. Die kombinasie van lekkasie-opsporingsmetodes soos hierbo genoem het in hierdie geval besonder suksesvol blyk te wees.

v) MNV-bepaling

Die MNV is op verskeie geleenthede vir Glenesk bepaal soos blyk uit tabel 37.

Datum	MNV		
	l/min·km	l/min·ans	%*
8.8.77	25,57	0,547	53,3
9.8.77	26,26	0,562	54,7
15.8.77	25,34	0,542	52,8
16.8.77	25,34	0,542	52,8

Tabel 37: MNV vir Glenesk

Die variasie van MNV kan moontlik toegeskryf word aan balklep-eenhede wat afhangend van die druk soms afsluit al dan nie. Soos blyk uit tabel 37, beloop die MNV ongeveer 55% van die gemiddelde daaglikse vloei. Dit is besonder hoog en kan heelwaarskynlik toegeskryf word aan die groot sportstadia wat deel uitmaak van die saamgestelde netwerk. Bewys hiervan is dat toe die balklep-eenhede in 'n groot aantal persele in die area vervang is die MNV slegs afgeneem het met ongeveer 12%.

vi) MNV met Drukveranderinge

Soos by die verliesvloei neem die MNV af met drukvermindering.

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeitempo

Druk MPa	MNV		
	ℓ/min·km	ℓ/min·km	%*
0,690	28,79	0,616	60,0
0,555	25,80	0,552	53,8
0,415	20,73	0,444	43,2
0,270	14,97	0,320	31,2

Tabel 38: MNV met Drukverandering

Dit is baie duidelik uit tabel 38 dat indien die druk verminder word vanaf 0,69 tot 0,27 MPa die MNV bykans met 100% afneem.

vii) MNV tot Maksimum daaglikse vloei

Die verhouding MNV tot Maksimum daaglikse vloei is 'n duidelike indikasie of 'n saamgestelde netwerk dig is al dan nie. Met 'n verhouding van in die orde van 1 : 12 MNV tot maksimum daaglikse vloei kan daar gesê word dat so'n netwerk besonder dig is. Hierdie verhouding vir Glenesk het egter gemiddeld 1 : 3,2 beloop wat duidelik daarop dui dat die saamgestelde netwerk vir hierdie area nie besonder funksioneel is nie. Bydraend hiertoe is die feit dat die sportterreine onder andere outomatiese spoeleenhede besit wat op dié wyse die MNV verhoog en wel met 7,37 ℓ/min·km of 15% van die gemiddelde daaglikse vloei.

viii) Elementvloeitoets met Perseelaansluitings

Die Glenesk area het uit elf elemente bestaan. Elk van hierdie elemente het 'n bydrae tot die MNV gelewer met element (1) en (7) die grootste bydraes naamlik 8,29 ℓ/min·km (17%) en 4,61 ℓ/min·km (10%) onderskeidelik. Die sportterrein is ingesluit by element (1) terwyl 'n reeks fabriekke ingesluit is in element (7) wat dan die hoë MNV-waardes vir hierdie elemente verklaar.

* Uitgedruk as 'n persentasie van die gemiddelde vloeiempo

ix) Samevatting van Glenesk resultate

Uit voorafgaande resultate blyk dit dat die netwerk self rede=lik dig is met 'n verliesvloei van 3,22 l/min·km vir staalpyp=materiaal met 'n gemiddelde ouderdom van 35 jaar. Dit is ook duidelik dat die verliesvloei, sowel die MNV, aansienlik toeneem met toename in druk. Die verhouding MNV tot maksimum daaglikse vloei beloop 1 : 3,2 wat besonder hoog is, en wat 'n aanduiding gee van oneffektiewe saamgestelde netwerke. Die elementvloei toetse het aangedui in welke element die groot=ste MNV voorkom en het ook die benaderde posisies van lekkasies aangedui.

3.3 BESPREKING VAN RESULTATE

3.3.1 Watermetering

Daar is relatief min eksperimentele werk uitgevoer oor meterleef tyd en akkuraatheid. Uit die literatuur en resultate verkry van toet=se uitgevoer te Kaapstad en Johannesburg is dit duidelik dat meters nie besonder akkuraat is nie, veral in die lae vloei bereike nie.

Die doel van metering is drievoudig, eerstens 'n regverdige verdeling van die koste verbonde aan die diens van waterver=scaffing daar te stel. Elke persoon of instansie betaal dus sy regmatige deel van die totaal en dus wat hy wel gebruik het. Tweedens dra watermetering by tot 'n verlaging in die per kapita verbruik. Deur water te meter word daar dus water gespaar. Laastens gee akkurate metering 'n indikasie van die hoeveelheid water wat as gevolg van verliese verlore gaan.

Meterakkuraatheid, soos vereis deur wetgewing, word in tabel 2 aangedui. Die vraag ontstaan nou, is hierdie hoë meterakkuraat=heid werklik nodig vir watermeters, veral in die baie lae vloei=bereike. Dit wil voorkom asof relatief min meters dit by hierdie bereik kan handhaaf, in teenstelling met by die gemiddelde en

vloeibereike. As gevolg van hierdie strenge vereistes bring dit mee dat aansienlike koste aangegaan moet word in die vorm van vervanging van meters, om die vereistes te kan handhaaf.

Verder is die gedagte dat akkurate meters 'n hoër inkomste tot gevolg kan hê, slegs geldig oor die korttermyn. Die koste verbonde aan die verskaffing van water deur 'n organisasie wat nie ingestel is op die winsmotief nie, moet oor die langtermyn ekwivalent wees aan die inkomste verhaal as gevolg van hierdie diens. Derhalwe kan daar gesê word dat indien water nie besonder akkuraat gemeet word nie en water verskaf word aan verbruikers wat nie daarvoor betaal nie, dan sal die instansie verplig wees om die eenheidskoste van water te verhoog om sodoende sy boeke weer te kan laat klop.

Waar water in bulk gemeet word kan onakkurate meters aansienlike "winste" of "verliese" veroorsaak. Die MNV van 'n instansie kan dan besonder gunstig voorkom indien 'n bulkmeter 6% stadig lees. As gevolg hiervan kan daar 'n gerustheid in 'n organisasie betreffende werklike verliese ontstaan, terwyl daar inderwaarheid water verlore gaan as gevolg van lekkasies en moontlik in die orde van 6%.

Meters moet derhalwe as 'n belangrike hulpmiddel in die waterverskaffingsnywerheid beskou word, maar nie as die finale en volledige antwoord nie, veral ten opsigte van werklike verliese van netwerke nie.

3.3.2 Pypmateriale en Konstruksie Metodes

Pypmateriale wat vandag in gebruik is, kan as besonder bevestigend beskou word indien hul in die korrekte milieu aangewend word. Sekere pypmateriale is meer geskik as ander waar toestand sou voorkom waarteen sulke pype nie besonder bestand is nie.

Kwaliteitskontrole ten opsigte van pypmateriale is besonder bevredigend in lokaal vervaardigde pypmateriale en 'n streng kontrole word deur die Suid-Afrikaanse Buro vir Standaarde gehandhaaf op pype wat hierdie stempel dra. Dit is derhalwe veiliger om pype wat hierdie merk dra aan te wend in teenstelling met ander nie sulks gemerkte pype.

Die installasie van pypmateriale is oor die algemeen nie besonder bevredigend nie in teenstelling met spesifikasie vereistes van hoe dit wel gedoen behoort te word. Tekortkominge by beide aannemer sowel as die toesighoudende instansie was baie duidelik tydens ondersoeke van die installasie van pypgeleidings.

3.3.3 Metodes van lekkasieopsporing en die bepaling van NVW en sy Komponente

NVW en sy komponente is vir ses verskillende residensiële netwerke bepaal. In tabel 38 word die waardes van die NVW en sy komponente saamgevat. Hierdie waardes is van toepassing by die begin van elke toetsperiode asook vir die eerste toetsmaand. Vir die sewende toetsarea is daar slegs 'n syfer vir maksimum aanvaarbare onvermydelike verliese bepaal.

Materiaal	Ouderdom jare	NVW ℓ/min·km	Komponent a ℓ/min·km	Komponent b ℓ/min·km	Komponent c ℓ/min·km	Komponent d ℓ/min·km
Asbessement	3	1,08 (7,6%)*	0,21 (1,5%)	0,50 (3,5%)	0,33 (2,3%)	0,04
Asbessement	3	3,86 (8,9%)	0,15 (0,3%)	1,13 (2,6%)	2,49 (5,7%)	0,09
Asbessement	25	5,18 (13,5%)	0,37 (1,0%)	3,63** (8,3%)	1,18 (3,1%)	0,00
Asbessement	30	11,80 (45,0%)	0,00 (0,00%)	1,66 (6,3%)	10,14 (63,6%)	0,00
Gietyster	3	3,86 (8,9%)	0,15 (0,3%)	1,13 (2,6%)	2,49 (5,7%)	0,09
Staal	25	9,98 (22,3%)	2,01 (4,5%)	1,49 (3,0%)	6,48 (14,5%)	0,00
Staal	35	-	-	-	-	-

Tabel 38: NVW en sy komponente vir Ses Toetsareas

NVW water vir die ses toetsareas het aansienlik varieer. By nuwe netwerke, soos te wagte, was die NVW heelwat laer as by die ouer netwerke. Wanneer die NVW van 'n netwerk uitgedruk word as 'n persentasie kan dit lei tot wanvoorstellings. In die eerste geval verteenwoordig $1,08 \text{ l/min} \cdot \text{km}$ 7,6% van die gemiddelde vloei en eersgenoemde waarde dui op 'n besondere goeie netwerk. In teenstelling hiermee vind ons in die tweede geval dat $3,86 \text{ l/min} \cdot \text{km}$ (3,6 keer meer as in geval een) slegs 8,9% verteenwoordig. Dit is derhalwe meer aanvaarbaar om NVW en sy komponente in $\text{l/min} \cdot \text{km}$ uit te druk.

Werklike verliese wat ekonomies herstelbaar en opspoorbaar is blyk oor die algemeen besonder laag te wees. Dit is dus 'n duidelike bewys dat netwerke goed onderhou en bestuur word deur die betrokke instansies. Die toetsperiode verteenwoordig egter slegs drie maande van 'n lang leeftyd en bogenoemde waardes moet derhalwe nie sondermeer aanvaar word nie.

Onvermydelike verliese blyk meer ernstig te wees as die herstelbare verliese. Dit is duidelik dat onvermydelike verliese altyd daar sal wees en wanneer die waarde in 'n netwerk te hoog beloop, die netwerk vervang behoort te word. In tabel 39 is aanbevole waardes vir onvermydelike verliese vir verskillende pypmateriaal met ouderdomsverskille vervat.

Ouderdom jaar	Pypmateriaal		
	Asbessement	Staal	Gietyster
0-10	0,5 - 1,5	-	-
10-20	1,0 - 2,0	1,5 - 3,0	-
> 20	1,5 - 2,5	1,5 - 3,0	1,5 - 3,0

Tabel 39: Maksimum aanvaarbare onvermydelike verliese vir Pypmateriaal ($\text{l/min} \cdot \text{km}$)

Meteringsverliese blyk besonder hoog te wees in twee van die ondersoeke. Goeie meterinstandhouding sal egter baie daartoe bydra om meteringsverliese heelwat te verminder.

Algemeen kan daar gestel word dat ongemeterde aftrekkings geïgnoreer kan word in reeds ontwikkelde residensiële areas. Vir sentrale besigheidsareas en nuwe residensiële areas waar nog heelwat konstruksie ten opsigte van dienste plaasvind, moet hierdie aftrekkings wel in die NVW vervat word.

4. GEVOLGTREKKINGS

Hierdie studie het hoofsaaklik gehandel oor NVW en sy komponente. Aangesien metering 'n rol speel in die bepaling van NVW is 'n literatuurstudie oor hierdie onderwerp uitgevoer. Pypmateriale as sulks beïnvloed die NVW van 'n netwerk. Derhalwe is daar ook 'n literatuurstudie oor hierdie onderwerp onderneem. Metodes van lekkasie-opsporing en verliesbeheer is in die literatuur ondersoek aangesien dit nou verband hou met NVW en sy komponente.

Veldondersoeke is uitgevoer ten opsigte van spesifikasie vereistes vir die installasie van pype asook ten opsigte van die werklike installasie daarvan. 'n Diepgaande veldondersoek betreffende NVW en die onderskeie komponente is onderneem asook 'n ondersoek na verliesvloeieters en die invloed van waterdruk op die verliesvloei- en MNV-tempo's.

4.1 WATERMETERING

4.1.1 Nuwe meters meet oor die algemeen akkuraat en perseel-meters voldoen aan die vereistes van Mate en Gewigte.

4.1.2 Meterakkuraatheid van meters na 'n aantal jare in gebruik laat soms veel te wense oor. Hierdie afname in akkuraatheid is nie noodwendig as gevolg van lae meter kwaliteit nie maar eerder as gevolg van 'n kalk- of soortgelyke neerslagvorming.

4.1.3 'n Gereelde meterinstandhoudingsprogram gebaseer op die instansie se spesifieke kondisies, asook water gehalte en volume gemeet, is noodsaaklik indien hoë meterakkuraatheid gehandhaaf wil word. Akkurate rekords is noodsaaklik vir so 'n program.

4.1.4 Bulketers wat reeds 'n geruime tyd in gebruik is se akkuraatheid moet met agterdog bejeën word en moet nie sondermeer aanvaar word nie.

- 4.1.5 Hoë meterakkuraatheid dra nie by tot 'n verlaging van die werklike verliese van 'n netwerk nie maar gee wel 'n indikasie van orde grootte daarvan.
- 4.2 PYPMATERIALE EN KONSTRUKSIEMETODES
- 4.2.1 By die keuse van 'n pypmateriaal vir 'n netwerk moet die ontwerpingenieur alle faktore wat 'n invloed op die funksionele leeftyd van die netwerk kan hê, deeglik ondersoek. Deur 'n staalpyp in 'n hoogs korrosiewe omgewing te installeer kan so 'n netwerk se leeftyd met 90% verkort word.
- 4.2.2 Pypmateriale wat vandag in gebruik is, kan as besonder bevredigend beskou word indien hul in die korrekte milieu aangewend word.
- 4.2.3 Nuwe en alternatiewelike pypmateriale moet ondersoek word en van gebruik gemaak word indien meer geskik as tradisionele materiale.
- 4.2.4 Kwaliteitskontrole tydens vervaardiging en ten opsigte van S A B S gemerkte pypmateriale is besonder bevredigend en 'n streng kontrole word deur die S A B S gehandhaaf op pype wat hierdie stempel dra.
- 4.2.5 Dit blyk dat bestaande spesifikasievereistes vir die installasie van pypnetwerke, soos voorgeskryf deur die verskillende ontwerpinstansies, oor die algemeen goed is. Dit kan dus nie as 'n tekortkoming by die installasie van 'n pypnetwerk beskou word nie en sal dus nie bydra tot 'n verhoging van die NVW.
- 4.2.6 Hantering, vervoer en installasie van pypmateriale op die konstruksieterrein laat soms veel te wense oor. Falings van pype in die Kaapstadse munisipale area dui daarop dat bykans 26% van alle breke te wyte is aan onbevredigende installasie. Ondersoeke wat by ses

konstruksierterreine uitgevoer is dui daarop dat 20% van die werk nie volgens spesifikasies uitgevoer word nie. Die verantwoordelikheid om toe te sien dat konstruksiewerk bevredigend volgens spesifikasies uitgevoer word, lê by die toesighoudende instansie, sowel as by die aannemer.

4.3 METODES VAN LEKKASIEOPSPORING EN WATERVERLIESBEHEER

- 4.3.1 'n Verskeidenheid opsporingsmetodes bestaan. Die mees geskikte wyse van opsporing is 'n kombinasie van verskeie metodes naamlik deur waarneming, gebruik van soniese spoorapparaat en verliesvloeimeters.
- 4.3.2 Tussenstadiametering is nie die mees geskikte metode van lekkasie-opsporing en waterverliesbeheer nie.
- 4.3.3 Sekere metodes soos byvoorbeeld dié van distikstofoksied is nie prakties vir die droë Suid-Afrikaanse toestande nie.

4.4 NVW EN SY KOMPONENTE

- 4.4.1 Werklike verliese wat ekonomies herstelbaar en opspoorbaar is blyk oor die algemeen besonder laag te wees vir die areas wat ondersoek is. Die toetsperiodes het egter slegs oor 'n termyn van drie maande gestrek en kan derhalwe nie as verteenwoordigend beskou word nie.
- 4.4.2 Onvermydelike verliese blyk meer ernstig te wees as die herstelbare verliese. Dit is duidelik dat onvermydelike verliese altyd daar sal wees en wanneer die waarde in 'n netwerk te hoog beloop, oorweging geskenk moet word of die netwerk vervang behoort te word. In tabel 39 is aanbevole waardes vir onvermydelike verliese vir verskillende pypmateriaal met ouderdomsverskille.

- 4.4.3 Meteringsverliese blyk besonder hoog te wees in twee van die ondersoeke, maar soos reeds genoem kan dit tot 'n mate toegeskryf word aan besondere lae per kapita verbruik. Goeie meterinstandhouding sal egter baie daartoe bydra om meterings "verliese" heelwat te verminder.
- 4.4.4 Algemeen kan daar gestel word dat ongemeterde aftrekkings geïgnoreer kan word in beboude residensiële areas. Vir sentrale besigheidsareas en nuwe residensiële areas waar nog heelwat konstruksie ten opsigte van dienste plaasvind moet hierdie aftrekkings wel in die NVW vervat word.
- 4.4.5 Dit is van kardinale belang dat indien werklike verliese verminder wil word, dat hidrostatiese drukke in netwerkstelsels verlaag moet word na 0,27-0,40 MPa om werklike verliese te verminder. Tydens hoë aftrekke sal sulke drukke slegs gehandhaaf kan word as groter pypgeleidings gebruik word.

VERWYSINGS

1. HUDSON W D : Leak Detection in Water Mains. Water and Sewage, Reference no. R104, 1975.
2. CAMPBELL F C : Distribution System Leakage Survey. Journal AWWA* May 1970.
3. HUDSON W D : Reduction of Unaccounted for Water. Journal AWWA Feb. 1964.
4. GILES H J : An Assessment of the causes and Extend of Waste and undue Consumption in Distribution Systems and on Consumer's Premises. Symposium on Waste Control University of Reading, England, September, 1974.
5. KELLER C W : Analysis of Unaccounted for Water. Conference Paper presented to 94th Annual Conference AWWA, Boston June 1974.
6. GEBHARDT D S : Urban Water Requirements in Johannesburg. Transactions of the Municipal Engineers of Southern Africa. May 1966.
7. RANDALL M & BARRETT S G : Water Waste Prevention : a Commentary. International Water Supply Association. Subject no. 3 p. S 16-18. Ninth Congress, New York, September 1972.
8. LINFORD A : Flow Measurement and Meters. Second Edition E & F N Spon Limited, 22 Henrietta Str., WC 2. London, 1961.

* American Waterworks Association.

9. GALLACHER R E, : Meters : Replace, Repair or Modernise?
BETTIS J R & Joint Discussion Journal AWWA, March
STANDEN T E 1972.
10. ANDERSON G D : Turbine vs Compound Meters. Paper
no. 32-4A, 94th Annual Conference,
American Water Works Association,
Boston, June 1974.
11. HUTTON S P : Water Metering and Water Meters.
Subject no. 3, 5th Congress. Interna=
tional Water Supply Association,
Berlin 1961.
12. AFDELING MATE : Watermeters. Wet No. 13 p. 96 van
EN GEWIGTE 1958.
13. BRITISH STANDARD : Draft British Standard Specification
INSTITUTION for Domestic Water Meters. Document
71/35005, August 1971.
14. NEDERLANDS NORMA= : Huiswatermeters voor koud water.
LISATIEINSTITUUT NEN 1124, 2e druk, UDC 628.1,
Oktober 1966.
15. AWWA STANDARD : Standard for Cold-Water Meters.
Displacement Type. No. 43700,
January 1971.
16. COMMITTEE REPORT : Meter Installation and Maintenance.
Journal AWWA, April 1970.
17. PHILLIPS J H : Domestic Metering - An Interim Review.
Journal of the Institution of Water
Engineering, June 1972.

18. LUCINA W V : Meter Replacement Program Pays for
Itself. Water and Sewage Works,
November 1974.
19. BROWN H : Getting the most for your money in
a watermeter. Public Works, June 1972.
20. HEGENBART J L : Big Users need big Meters. Water
and Wastes Engineering B18-B23,
March 1973.
21. BARNES : Persoonlike Mededeling. Durban
Waterwerke Ingenieur, Durban 1975.
23. COBB E B & : Comparison and Evaluation of the
RITTER R H Design Criteria for Pipe of Various
Materials. Joint Discussion -
Journal AWWA, Jan 1963.
24. EVERITE : Laying instructions for Asbestos-
cement Pipes, 20 De korte Str.,
Braamfontein, Johannesburg, June 1973.
25. KLEIN R L : The use of Asbestos-cement Pressure
Pipes in Water Supply Practice.
Water and Water Engineering, August
1959.
26. BAR-SHLOMO S : Durability of Asbestos-cement pipes
in Liquid Corrosive Media. Public
Works Construction and Transport,
May 1977.
27. CAMP T R : Water and its Impurities. Boston,
Massachusetts, August 1963.
28. SMITH T R : Corrosion Avoidance in Water and
Sewage Pipelines. Water Services
March 1977.

29. BROMELL R Y : Pipe and Pipelines: Design Criteria and experiences in the uses of various materials. International Standing Committee on Water Distribution. Subject 1.
30. BRYANT R S : Internal Cement Mortar Linings for Cast Iron, Ductile Spun Iron and Steel Pipes. International Water Supply Association, Subject 4 p 037-039. Ninth Congress, New York, 11-14 September 1972.
31. SMITH T R : Ductile Iron Pipe : The Major water pipeline material. Water Services Supplement 53-57, 1976.
32. BLAIR J S : The Manufacture of Steel Pipes. The Second International Pipes, Pipelines, Pumps and Valves Convention. Earls Court, London, April 9 - 13th, 1962.
33. KINSEY W R : Steel Water Pipe Design, Lining, Coating, Joints and Installation. Journal AWWA, December 1973.
34. HUGES, LEGRAND, MERIAUX, POIRIER & POLLET : Practical Measures to be taken in the Transport, laying and Jointing of Pipes to ensure Protection against Corrosion. International Water Supply Association, Subject 2, p. 20-22, Ninth Congress, New York, 11 - 14 September 1972.

35. V BAECKMANN W G : Cathodic Protection of Underground Pipelines with Special Reference to Urban Areas. International Water Supply Association Subject No. 1(a), p. 0 1-7, Ninth Congress, New York, 11 - 14 September 1972.
36. FISCHER H : Experiences with External Plastic Coatings for Steel Pipe. Interna=tional Water Supply Association. Subject No. 3, p. 0 27-23, Ninth Congress, New York, 11 - 14 September 1972.
37. VON FÜRER-HAIMENDORF H: Plastic Pipes for Water Supply. Inter= & FIGWER E national Water Supply Association Subject No. 3, p. 1-6, Ninth Congress, New York, 11 - 14 September 1972.
38. PAWSON J M : Cornwall's New PVC Trunk Main. Water Services, April 1974.
39. KNEELAND A G : Whats New in Sewer and Waterpipe. Civil Engineering - ASCE, May 1974.
40. NESBEITT W D : PVC Pipe in Water Distribution : Reliability and Durability. Journal AWWA, October 1975.
41. BOTTLES D G : Use of Plastic Pipe. Journal AWWA, January 1970.
42. GEBHARDT D S : Plastic Pipes for Urban Water Supplies. Municipal Engineer in Southern Africa. July - August 1973.

43. WALLER R C, : Locating Leaks in Mains and Services.
HAWES R D & Journal AWWA, July 1970.
HUDSON W D
44. LAVERTY G L : Leak Survey Pays off. Water and
Sewage Works, November 1974.
45. IRELAND N E : Detection and Location of Underground
Leaks, Pipelines and Valves. Journal
AWWA, March 1958.
46. ELWELL F H : Water Works Pinpoints Leaks. Water
and Wastes Engineering, February 1972.
47. CHISHOLM R A : Advances in Waste Detection Techniques
and Equipment. Symposium on Waste
Control. University of Reading,
England, September 1974.
48. GUTTENTAG W : Water Losses during Distribution. The
Institute of Municipal Engineers,
41st Yearly Conference, Windhoek 1962.
49. GEORGE KENT LTD : Gate-type Waste Water Meter with
some notes on Waste Detection.
Publication 968/356, Cuton, Bedford=
shire, England, 1977.
50. REID J : Waste Prevention : The Design and
Operation of Distribution Systems.
Symposium on Waste Control. Univer=
sity of Reading, England, September
1974.
51. MILLS R E : Persoonlike Mededeling. Hoofingenieur
Pinetown Streekswaterdienskoöperasie,
Pinetown 1976.

52. YOUNG E F : Future measures to minimize the Waste of Water. Symposium on Waste Control. Univ. of Reading, England, Sept. 1974.
53. GILES H J : Waste Control a Total Systems Approach. Paper presented to S W Section of the IWE Bristol, January 1973.
54. HYDROTRONIC : A proven electronic service in the fields of leak detection and location. Hydrotronic Corp. of America, P O Box 1516, Miami, Florida, 33138, U S A, 1977.

AANHANGSEL A - MODEL SPESIFIKASIE

1. Hantering en Stoor van Pypmateriale

Versigtige hantering en stoor van alle pypmateriale op die terrein van werke is noodsaaklik om sodoende te verhoed dat dit beskadig word, wat later kan lei tot die installasie van hierdie deffektiewe materiaal. Dit is die aannemer se verantwoordelikheid om toe te sien dat alle pypmateriale op geskikte wyses soos voorgeskryf deur die vervaardigers gestoor en hanteer word. Enige beskadiging van sulke materiaal is die skade van die aannemer en indien sulke materiaal nie volgens die oordeel van die Ingenieur bevredigend herstel kan word nie, moet sulke materiaal sonder versuim deeglik met rooi verf ge=merk word en van die terrein verwyder word.

Materiaal soos ruberringe vir koppelstukke en ander wind en weer bederfbare stukke moet onder dak gestoor word, verkieslik waar dit koel en droog is asook buite bereik van ghries en olies. Pype wat gestapel word moet nie hoër as 8 diameters gepak word nie. Pypstapels mag slegs uit dieselfde klas-en-pypgroottes bestaan.

By die hantering van groter staalpype wat met 'n beskermde laag bedek is, hetsy gegalvaniseerd, geverf of bitumengedoop, mag daar slegs van seilhangstroppe of stroppe van 'n sagte tipe materiaal gebruik gemaak word, staalkettings of kables mag nie gebruik word nie. Indien die beskerming van enige pyp of hulp=stuk beskadig word moet sodanige beskadiging tot die bevrediging van die Ingenieur reggestel word alvorens sulke materiaal weer gebruik mag word.

ii) Bedding van Pypgeleidings

In alle pypslote moet 'n 80mm dik beddinglaag van minus 20mm gevorm word. Hierdie beddinglaag moet goed verdig word en moet gelyk wees sonder enige bulte of depressies. Voordat enige pype gelê word moet elke beddinglaag nagegaan en goed=gekeur word deur die ingenieur of sy verteenwoordiger.

(ii)

Ekstra uitgraving moet by elke koppelstuk gemaak word om so=doende te verhoed dat die pyplyn deur die koppelstukke onder=steun word. Elke individuele pyplengte moet vir sy volle lengte goed ondersteun en gebed word.

Indien sagte onstabiele kondisies in 'n pypsloot voorkom moet hierdie sagte kolle dieper uitgegrawe word, soos beveel deur die ingenieur, en met goeie sanderige materiaal van minus 20mm teruggevul word en goed verdig word ekwivalent aan die normale verdigtingstoestand van die slootbodem in die onmiddellike omge=wing. Indien die aannemer 'n pypsloot te diep uitgrawe moet hierdie sloot weer teruggevul word met minus 20mm materiaal en verdig word in 150mm lae tot 'n digtheid van minstens 90% ge=wysigde ASSHO.

iii) Korrektheid van Installasie

Slegs gekwalifiseerde personeel mag die lê van pype behartig en slegs gereedskap soos voorgeskryf deur die vervaardiger mag gebruik word vir die installasie van pype.

Alle pype moet volgens die korrekte lyn en hoogtes gelê word.

Alle pypente moet fabrieksgesny wees en enige snywerk wat op die terrein van werke plaasvind moet met die goedkeuring van die ingenieur wees.

Pype met krake en splinters aan die entpunte mag nie geïnstalleer word nie en alle skerp punte en kante moet glad gevyl word om te verhoed dat ruberringe tydens koppeling beskadig word.

Na 'n genoegsame lengte bedding (minstens 100m) verdig en gereed is moet die pype, wat reeds langs die sloot neergelê is, op hierdie bedding geplaas word. Elke pyp moet deeglik nagegaan word vir defekte en skoonheid voor finale installasie plaasvind. Die pyp moet vir sy volle lengte ondersteun word deur die bedding=laag en geen knoppe, bulte of holtes in die beddinglaag sal toegelaat word nie.

(iv)

Met die aandraai van die skroeflas moet sorg gedra word dat die pypoppervlakte nie onnodig deur die bobbejaansleutel of ketting=sleutel beskadig word nie. Waar die beskermingslaag deur die sleutel beskadig word moet dit dadelik herstel word voordat roes op die ontblote metaal posvat; indien roes posgevat het moet dit met 'n staalborsel verwyder word voordat die besker=mingslaag herstel word.

Waar staalpype met Johnson-tipe (of gelykstaande) koppelstukke gelê word moet die deel van die pypend waarop die koppelstuk gemonteer word deeglik skoongemaak word en geen onegaligheid mag op die pypoppervlakte voorkom nie. Die boue van die koppelstuk moet parallel wees aan die hartlyn van die pyp en die boue moet eweredig aangetrek word. Hoek afwyking tussen aangrensende pypendte op 'n las mag nie meer as 4° (vier grade) wees nie en die gaping tussen die aangrensende pypendte op die breedste punt mag nie 15mm oorskry nie. Wanneer die koppel=stuk aangetrek is moet die rubberlasringe volkome bedek wees en mag nie by die las uitpeul of andersins ontbloom wees nie.

iv) Terugvulling van Pypslote

Nadat pype op die voorbereide beddinglaag in die pypslote gelê is moet pype deeglik gebed word en met minus 20mm sanderige materiaal tot 150mm bokant die top van die pyp teruggevul en verdig word. Alle koppelstukke moet egter oopgelaat word en mag eers teruggevul word nadat die betrokke pyplyn hidroulies deur die ingenieur vir waterdigtheid getoets en goedgekeur is.

Algemene terugvulling van die sloot mag eers 'n aanvang neem nadat koppelstukke tot op 'n hoogte van 150mm bokant hul top met minus 20mm sanderige materiaal teruggevul en verdig is. Terugvullingsmateriaal moet in lae van 150mm geplaas en verdig word tot 'n digtheid van 90% gewysigde AASHO. Geen klippe en rotse van $> 200\text{mm}$ mag as terugvullingsmateriaal gebruik word nie en so-ook mag besonder kleiagtige materiaal ook nie gebruik word nie. Die ingenieur sal die gehalte van die terugvullings=materiaal goedkeur en sy beslissings is finaal. Terugvulling

(iii)

Pype mag onder geen omstandighede deur die koppelstukke ondersteun word nie. Alle hulpstukke moet in lyn en hoogte aansluit by naasliggende pypwerk en moet genoegsame ondersteuning hê om te verhoed dat enige verplasing plaasvind tydens normale werks-toestande.

Sodra 'n lengte pyplyn klaar gelê is moet die pyplyn, koppeling uitgesluit, aan die sy-en-bokant (150mm dekking) gebed word met minus 20mm materiaal. Hierdie beddingmateriaal moet deeglik met handstampers en derglike apparaat verdig word. Koppeling mag eers teruggevul word na toetsings van die pyplyn tot die vereiste standaard.

Indien enige koppeling tydens toetsing lek moet sodanige koppelstuk verwyder word en indien nodig vervang word.

Waar Asbessementpype met Triplexkoppelstukke gelê word moet die afsonderlike pype slegs tot teenaan die sentrale rubber spasiëring ingedruk word. Waar gietyster kortkraagkoppelstukke gebruik word moet 'n gaping van nie minder as 6mm en nie meer as 9mm tussen enige asbessementpyp en die aangrensende pyp, klep of hulpstuk gehandhaaf word.

Die hoek afwyking tussen die aangrensende pyp, klep of hulpstuk by enige las mag geensins 5° (vyf grade) oorskry nie en die gaping tussen die aangrensende items op sy maksimum punt mag nie 15mm oorskry nie.

Beton ankerblokke moet aangebring word by alle buigstukke, T-aansluitings of enddoppe. Die ankerblok moet teen onverstoorde grond gegiet word in 1:3:5 betonsterkte. Vir staalpype met skroeflaste moet die skroefdrade deeglik skoongemaak word met behulp van 'n staalborsel. Die buite skroefdrade moet geveeg word met 'n geskikte pyplasmengsel en daarna bedek word met 'n PVC skroefdraad verseëlband; hennep mag nie gebruik word nie. Pype en hulpstukke met beskadigde skroefdrade mag nie geïnstalleer word nie.

(v)

van slote mag slegs 'n aanvang neem nadat alle klippe en ander vreemde voorwerpe uit die betrokke pypslote verwyder is.

Terugvulling van slote met masjiene sal alleen met die skriftelike goedkeuring van die ingenieur in sekere materiaal so toegelaat word.

ONDERSOEKLYS NO. 1

Terreinonderzoek te:

Datum:

Hantering en stoor van materiaal

Verwydering van beskadigde materiaal	Stoor van bederfbare stukke/tyd	Stapeling van pype/ klas	Hantering van swaar staalpipe	Onderzoek gegalv.pype vir skade
100%	80%	80%	GEEN	60%

$$\Sigma/n = \frac{320}{4} = 80\%$$

Pypbeddingkondisies

Beddingdikte en materiaal-grootte	Verdigting van beddinglaag	Onderzoek na voorbereide sloot	Rus pyp op koppel= stukke	Ondersteuning van kleppe & hulpstukke
60%	40%	80%	60%	80%

$$\Sigma/n = \frac{320}{5} = 64\%$$

Korrektheid van installasie

Pypbedding onder=steuning	Tipe smeermiddel en aanwending	Kortkraag=koppelstukke	Geflensde stukke	Pypente beskadig of skurf
60%	80%	100%	80%	80%

$$\Sigma/n = \frac{400}{5} = 80\%$$

Dekking en Terugvullingsmateriaal

Terugvulling in 150mm lae	Verdigting van lae	Geselekteerde materiaal	Gehalte van ander terugvulling	Terugvulling met masjien of hand
100%	60%	80%	100%	50%

$$\Sigma/n = \frac{390}{5} = 78\%$$

VRAELYS NO. 1

VERVAARDIGER

REKORD VAN PYPFALINGS TYDENS FABRIEKTOETSING

Maand en jaar	Tipe Pyp en $\varnothing$ (mm)	Aantal falings tydens fabrieks= toetsing	Totale lengte geproduseer