

KWR06.058
19 juli 2006

Afpersprotocol leidingen

Achtergronden en protocol

KWR06.058
19 juli 2006

Afpersprotocol leidingen

Achtergronden en protocol

© 2006 Kiwa Waterresearch
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Kiwa Waterresearch
Groningehaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel. (030) 606 95 11
Fax (030) 606 11 65
www.kiwawaterresearch.eu

Colofon

Titel

Afpersprotocol leidingen

Projectnummer

306355.100

Projectmanager

ir. W.J.M.K. Senden

Opdrachtgever

DPW

Kwaliteitsborger(s)

R. Beuken MSc

Auteur(s)

ing. G.A.M. Mesman

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het DPW onderzoek. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.

Inhoud

	Inhoud	1
1	Inleiding	3
2	Methoden van afpersen	5
2.1	Afpersen	5
2.2	Beproevingprocedure	5
2.2.1	Voorlopige beproeving	6
2.2.2	Drukverliesbeproeving	6
2.2.3	Eindbeproeving	6
2.2.3.1	Waterverliesmethode	7
2.2.3.2	Drukafnamemethode	9
2.2.4	Beproeving van visco-elastische leidingen	10
2.3	Beproevingdruk	11
3	Verliezen bij het beproeven	13
3.1	Mogelijke waterverliezen bij beproeven	13
3.2	Informatie voor beoordeling afpersen	15
3.3	Spreadsheet voor beoordeling waterverlies	15
4	Afpersen in de praktijk	19
4.1	Afpersen DZH	19
4.1.1	Beperkt afpersen	19
4.1.2	Uitgebreid afpersen	19
4.1.3	Uitgevoerde afpersprocedures	20
4.2	Afpersen PWN	21
4.2.1	Afpersen nieuwe leidingen	21
4.2.2	Afpersen bestaande leiding	21
4.2.3	Uitgevoerde afpersprocedures	21
5	Afpersprotocol	25
5.1	Afpersen bestaande leiding sectie	25
5.2	Afpersen nieuwe leidingsectie	26
5.3	Materialen binnen de sectie	26
5.4	Verwacht elastisch verlies	26
5.5	Matrix methoden	26
6	Conclusies	27
I	Voorbeeld van het spreadsheet	29

II	Resultaten afpersen DZH	31
III	Resultaten afpersen PWN	33

1 Inleiding

Nieuwe leidingen bij PWN en DZH worden voor ingebruikname afgeperst en in sommige gevallen worden ter controle van de sterkte ook bestaande leidingen afgeperst. Afpersen gebeurt veelal met een druk van 1,5 maal de bedrijfsdruk. Deze druk is niet nader onderbouwd; er wordt echter aangenomen dat toepassen van deze druk voldoende veiligheid geeft om dynamische drukken (door waterslag) te kunnen weerstaan. Opstellen van een protocol en onderbouwing van de benodigde afpersdruk is gewenst vanwege:

- nieuwe inzichten in de conditie van leidingmaterialen gietijzer, asbestcement en PVC (onder andere blijkt dat PVC gevoelig is voor extreme drukken),
- de nieuwe bedrijfsvoering van PWN waardoor lokaal hogere drukken en een dynamischer drukbeeld ontstaan en het gewenst is vooraf te toetsen of het leidingnet deze drukken aankan (in het kader hiervan voert PWN in 2006 persproeven uit).

In de "VEWIN Richtlijn Drinkwaterleidingen buiten gebouwen, Ontwerp, aanleg en beheer (gebaseerd op NEN-EN 805:2000)' van 11 december 2003" wordt in hoofdstuk 11 "Beproeving van leidingen" een procedure beschreven voor het beproeven of afpersen van leidingen. In deze publicatie ontbreken de achtergronden van de geformuleerde eisen en wordt geen inzicht gegeven in de consequenties van verschillende gebruikte buismaterialen, luchtinsluitingen en de aanwezige lekken in een te beproeven sectie.

Het uit te voeren onderzoek dient te resulteren in concrete aanbevelingen voor nieuwe protocollen voor het afpersen van nieuwe en bestaande leidingen en een spreadsheet waarin bepaald wordt hoe groot de verliezen in volume en in druk bij het afpersen kunnen zijn.

In dit rapport worden SI-eenheden gebruikt, voor druk kPa. Voor de eenvoud van rekenen wordt gesteld dat $100 \text{ kPa} = 10 \text{ mwk} = 1 \text{ bar}$.

2 Methoden van afpersen

2.1 Afpersen

Een leiding wordt afgeperst om de integriteit van de leiding aan te tonen. Met het afpersen wordt aangetoond dat de verbindingen dicht zijn, de buizen niet lek zijn, de afsluiters daadwerkelijk afsluiten en er geen of zeer beperkt lucht in de leiding aanwezig is. Een leiding wordt afgeperst met water, hierbij wordt een hoeveelheid water verloren door lekkage of vervorming van de afgeperste leiding. Het verloren watervolume wordt gebruikt als maat voor de dichtheid van de beproefde leiding maar het verloren volume kan voor een deel schijnbaar zijn afhankelijk van het type leiding. Bij het beoordelen van het afpersen moet met alle mogelijke verliezen rekening worden gehouden.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de verschillende methoden van afpersen, de beoordeling hiervan en de kentallen voor de persdruk.

2.2 Beproeversprocedure

In de 'Richtlijn Drinkwaterleidingen buiten gebouwen, Ontwerp, aanleg en beheer (gebaseerd op NEN-EN 805:2000)' van 11 december 2003 is een beproevingsprocedure voor nieuw aangelegde leidingen opgenomen.

In deze procedure wordt aangegeven dat de beproevingsprocedure in drie stappen mag worden uitgevoerd:

- voorlopige beproeving;
- drukverliesbeproeving;
- eindbeproeving

Voor de eindbeproeving kan gekozen worden uit twee methoden:

- waterverliesmethode
 - meting van het weggelekte volume
 - meting van het ingepompte volume
- drukafnamemethode

Voor visco-elastische leidingen (PE) dient voor de eindbeproeving gebruik gemaakt te worden van een methode waarin het visco-elastische gedrag verwerkt is. Hier zijn binnen de drukafnamemethode de volgende methodes beschikbaar:

- intervalmethode
- drukvalmethode

In de volgende paragrafen zijn de verschillende methoden beschreven.

2.2.1 Voorlopige beproeving

De voorlopige beproeving is bedoeld om:

- de te beproeven leidingsectie te stabiliseren voor tijdsafhankelijke mechanismen;
- voldoende verzadiging te bereiken van waterabsorberende materialen;
- de drukafhankelijke volumetoename van flexibele leidingen op te laten treden voorafgaand aan de eindbeproeving.

De te hanteren beproevingsdruk moet ten minste de bedrijfsdruk bedragen zonder de systeembeproevingsdruk te overschrijden.

2.2.2 Drukverliesbeproeving

De drukverliesbeproeving maakt een beoordeling van de hoeveelheid in de leiding achtergebleven lucht mogelijk. Indien een sectie volledig gevuld is met water zal het systeem elastisch reageren op basis van de materiaaleigenschappen van de leiding en het ingesloten water.

$$\Delta V_{\max} = 1,2 * V * \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e * E_R} \right) \quad \text{eq. 2-1}$$

Waarin:

- ΔV_{\max} waterverlies in liters;
- V volume water in de sectie die wordt beproefd in liters;
- Δp drukval in kPa
- E_w compressiemodulus van water in kPa;
- D inwendige middellijn van de leiding in m;
- e wanddikte van de leiding in m;
- E_R elasticiteitsmodulus van het leidingmateriaal in kPa;
- 1,2 toeslagfactor voor luchtinsluiting

De uitvoering van deze proef is als volgt:

- Verhoog de druk in de sectie tot de gewenste beproevingsdruk;
- Tap een meetbare hoeveelheid water af;
- Bepaal de drukval hierbij.

Bepaal aan de hand van de opbouw van de sectie (lengtes, diameters en materialen) en met de spreadsheet of de hoeveelheid afgetapt water in overeenstemming is met de drukval. Indien er meer water afgetapt wordt dan 1,2 maal de hoeveelheid die voor de gemeten drukval geldt is er teveel lucht in het systeem aanwezig en moet het systeem verder ontlucht worden.

2.2.3 Eindbeproeving

Voor de eindbeproeving zijn twee methoden mogelijk:

- de waterverliesmethode;
- de drukafnamemethode.

Als in de sectie leidingen aanwezig zijn met visco-elastisch gedrag (PE) wordt de beproeving aangepast, zie paragraaf 0.

2.2.3.1 Waterverliesmethode

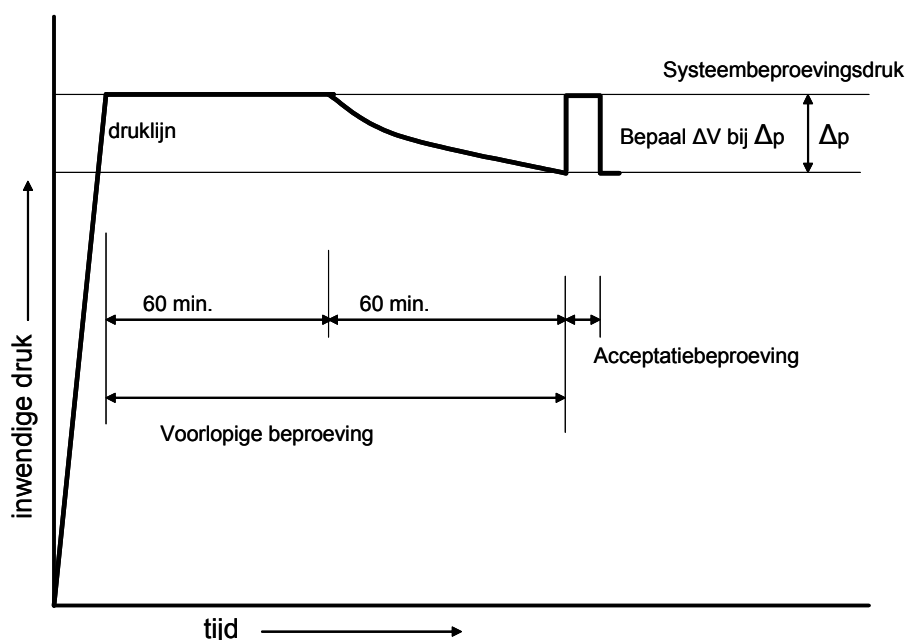
Voor het meten van het waterverlies bestaan twee methoden:

1. Meting van het weggelekte volume (ΔV).

De druk wordt verhoogd tot de systeembeproevingdruk (STP). Deze druk wordt gedurende ten minste één uur gehandhaafd door, indien nodig, water bij te pompen.

Vervolgens wordt er gedurende een uur (of langer indien voorgeschreven) geen water bijgepompt.

Na deze periode wordt de druk gemeten en door water bij te pompen de STP hersteld. Vervolgens wordt de hoeveelheid water afgetapt (ΔV) om de gemeten druk te herstellen. Dit proces is weergegeven in Figuur 1.



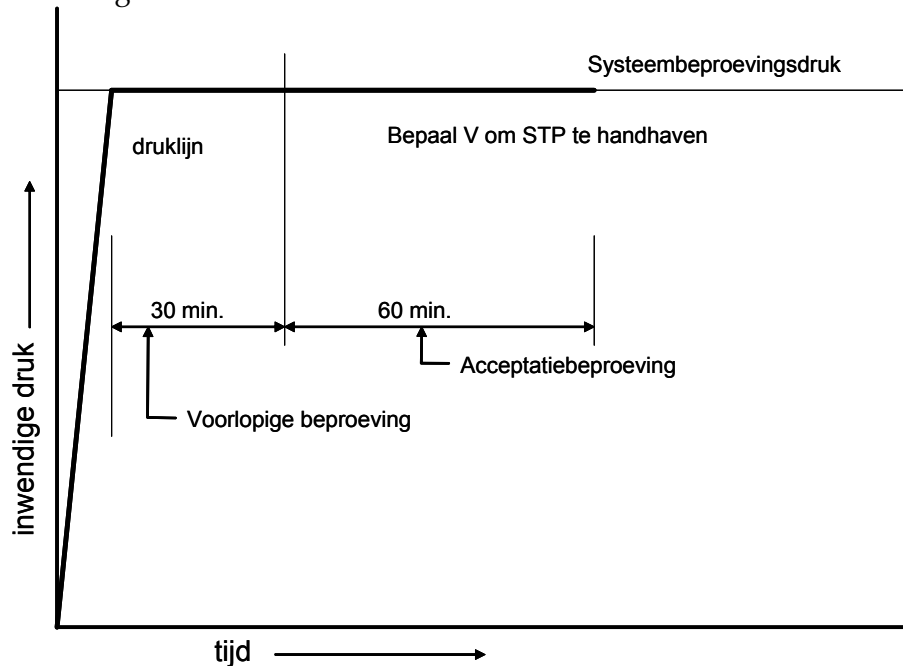
Figuur 1 Grafische weergave waterverliesmethode (meting van het verwijderde volume)

De afgetapte hoeveelheid water (ΔV) mag niet meer bedragen dan 1,2 maal de elastische volumeverandering. Uit het laatste deel van de proef volgt de feitelijke acceptatie van de leiding als "dicht". Dit deel wordt acceptatiebeproeving genoemd.

2. Meting van het ingepompte volume.

De druk wordt verhoogd tot de systeem beproevingsdruk (STP). Deze druk wordt gedurende de acceptatiebeproeving ten minste één uur gehandhaafd door water bij te pompen.

De hoeveelheid water die nodig is om de STP te handhaven gedurende één uur wordt gemeten. Dit proces is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Grafische weergave waterverlies methode (meting van het ingepompte volume)

Voor de waterverliesmethode geldt dat de hoeveelheid water die in de beproevingsperiode van één uur mag verdwijnen wordt berekend met formule 3-1, paragraaf 3.1 (zoals ook in de spreadsheet berekend). Hierbij wordt er dus vanuit gegaan dat de elastische vervorming in één uur kan optreden. Het verschil in elastische vervorming en de benodigde ingepompte hoeveelheid water om de druk te handhaven is het lekverlies.

Indien de sectie niet in een open sleuf beproefd wordt, kan de elastische vervorming over een langere periode plaatsvinden en kan een na een uur een veel lager volume gemeten worden dan bepaald volgens formule 3-1, paragraaf 3.1. In deze situatie wordt afgeraden de drukverlies- of de waterverliesmethode toe te passen.

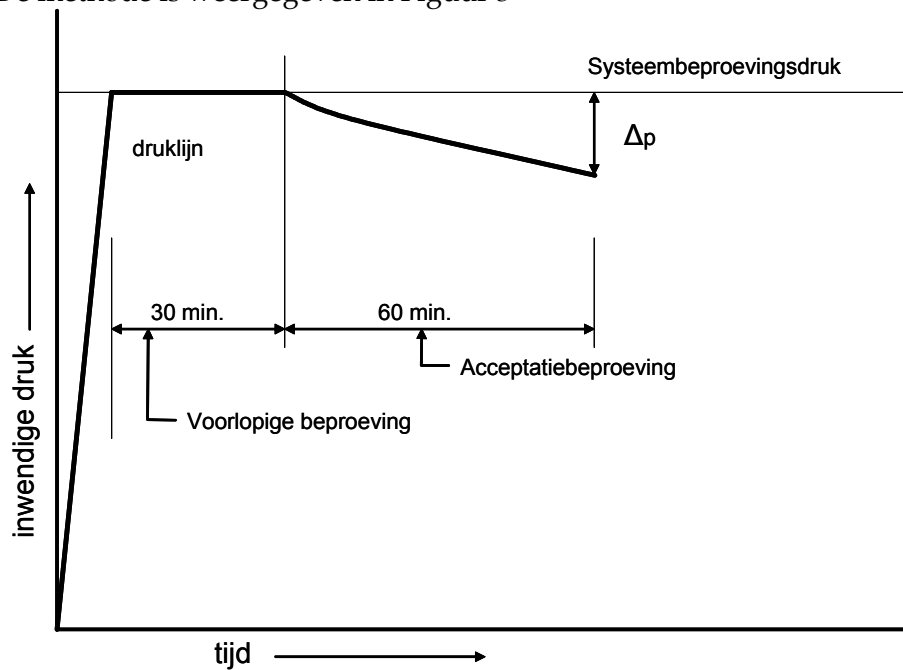
Uit het laatste deel van de proef volgt de feitelijke acceptatie van de leiding als "dicht". Dit deel wordt acceptatiebeproeving genoemd.

2.2.3.2 Drukafnamemethode

De druk wordt verhoogd tot de systeem beproevingsdruk (STP) en vervolgens wordt er geen water meer bijgepompt. De beproevingsperiode duurt een uur. Het drukverlies na een uur mag niet meer bedragen dan:

- 20 kPa voor leidingen van nodulair gietijzer, staal, beton met plaatstalen kern en kunststof leidingen (geen PE).
- 40 kPa voor leidingen van vezelcement of gewapend beton.

De methode is weergegeven in Figuur 3



Figuur 3 Grafische weergave drukafnamemethode

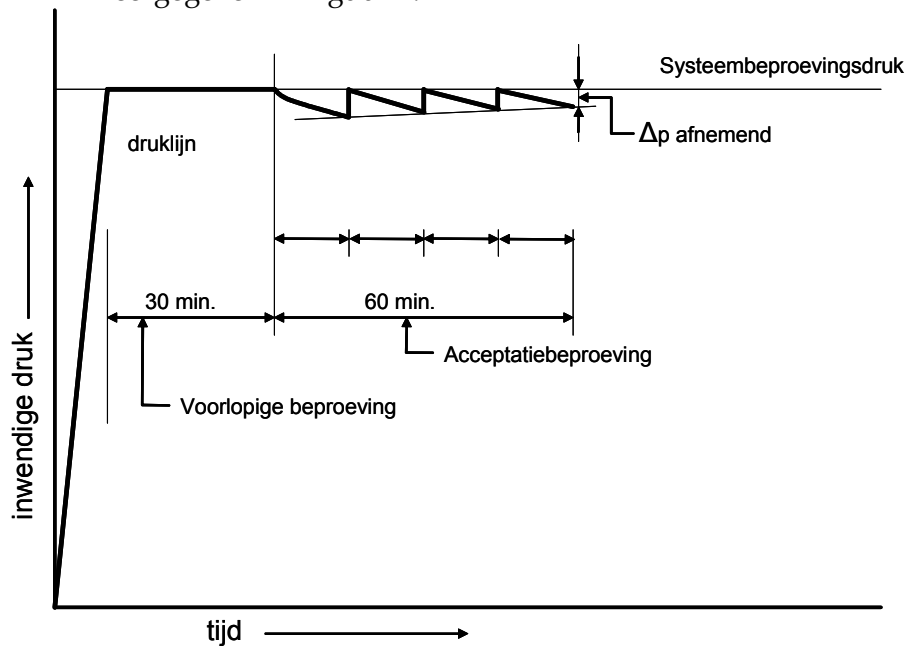
Uit het laatste deel van de proef volgt de feitelijke acceptatie van de leiding als "dicht". Dit deel wordt acceptatiebeproeving genoemd.

2.2.4 Beproeving van visco-elastische leidingen

Voor leidingen met een sterk visco-elastische gedrag (PE) is waterdichtheid niet aantoonbaar met de hiervoor genoemde methoden. Voor secties waar dergelijke materialen overwegend aanwezig zijn, zijn twee afgeleide methoden ontwikkeld, de intervalmethode en de drukvalmethode.

1. Intervalmethode

De druk wordt verhoogd tot de systeem beproevingsdruk (STP). De STP wordt met regelmatige intervallen binnen de voorgeschreven tijdsduur van de proef weer aangebracht. De per interval gemeten drukval moet een afnemende tendens laten zijn. Dit proces is weergegeven in Figuur 4.

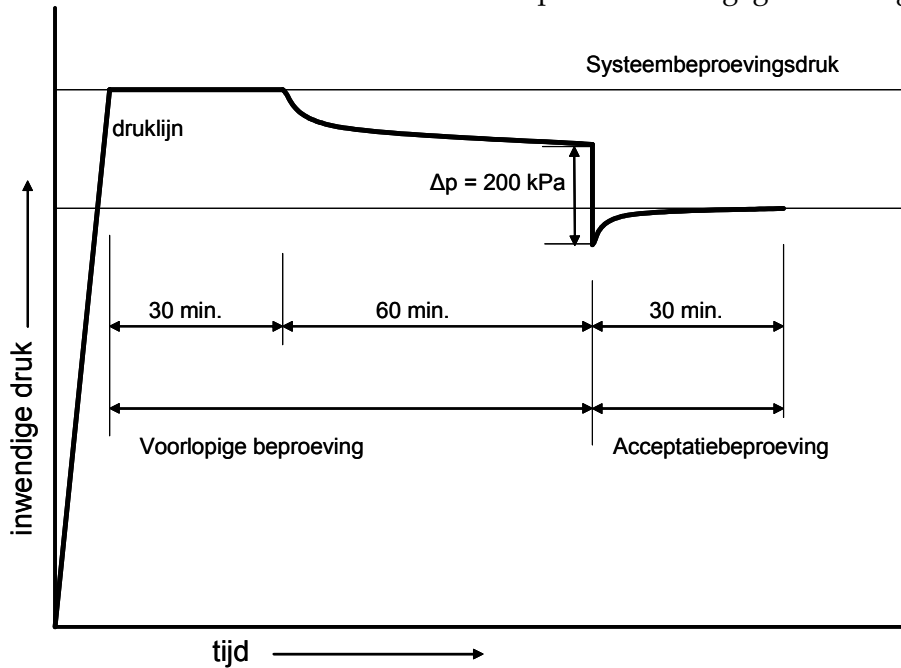


Figuur 4 Grafische weergave drukafnamemethode voor visco-elastische leidingen (interva meting)

Uit het laatste deel van de proef volgt de feitelijke acceptatie van de leiding als "dicht". Dit deel wordt acceptatiebeproeving genoemd

2. Drukvalmethode

De druk wordt verhoogd tot de systeem beproevingsdruk (STP). De STP wordt gedurende 30 minuten op peil gehouden. Vervolgens wordt gedurende 60 minuten de sectie met rust gelaten. Als gevolg van het visco-elastisch gedrag zal de druk in de sectie afnemen. vervolgens wordt de druk in korte tijd 200 kPa verlaagd. Als gevolg van de snelle verlaging van de beproevingsdruk treedt er contractie op in de sectie en loopt de druk in de sectie iets op. De sectie wordt als dicht beschouwd als de druk in 30 minuten na de verlaging een toenemende tendens vertoont. Dit proces is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5 Grafische weergave drukafnamemethode voor visco-elastische leidingen (drukva meting)

Uit het laatste deel van de proef volgt de feitelijke acceptatie van de leiding als "dicht". Dit deel wordt acceptatiebeproeving genoemd

2.3 Beproevingdruk

In de beproevingsprocedure wordt uitgegaan van een systeembeproevingdruk (STP (System Test Pressure)) op basis van de maximale ontwerpdruk (MDP (Maximum Design Pressure)). Voor het bepalen van de systeembeproevingdruk wordt onderscheid gemaakt naar de wijze waarop de maximum drukken ten gevolge van waterslag in het systeem bepaald zijn; berekend (1) of geschat (2).

1. Indien de MDP bepaald wordt op basis van een berekening waarin de drukfluctuatie als gevolg van waterslag is meegenomen wordt de STP bepaald door:

$$STP = MDP_c + 100 \quad \text{eq. 2-2}$$

STP = Systembeproevingdruk (kPa)

MDP_c = De op basis van waterslag **berekende** (c = calculated) maximum druk (kPa)

2. Indien de MDP bepaald wordt op basis van een aanname (geen berekening) van de drukfluctuatie als gevolg van waterslag wordt de STP bepaald door de kleinste waarde van vergelijking 2-2 of 2-3.

$$STP = MDP_a * 1,5 \quad \text{eq. 2-3}$$

$$STP = MDP_a + 500 \quad \text{eq. 2-4}$$

STP = Systembeproevingdruk (kPa)

MDP_a = De maximum druk op basis van een **aanname** (a = assumed) voor de drukfluctuatie als gevolg van waterslag (kPa)

De toeslag voor drukfluctuaties als gevolge van waterslag mag volgens NEN-EN 805:2000 niet kleiner genomen worden dan 200 kPa. Hiermee wordt MDP_a = OP + 200 (OP = Operating Pressure (bedrijfsdruk)). Door in de bovenstaande vergelijkingen MDP_a als (OP + 200) in te vullen volgt dat onder Nederlandse omstandigheden een OP van 800 kPa of kleiner bepalend is. Hiermee wordt de STP in een drinkwatersysteem in Nederland volgens bovenstaande regels bepaald op:

$$STP = OP * 1,5 + 300 \quad \text{eq. 2-5}$$

STP = System beproevingsdruk (kPa)

OP = Bedrijfsdruk (Operating Pressure) (kPa)

Voor DZH (OP = 250 kPa) geldt hiermee een systeem beproevingsdruk van 675 kPa. Voor PWN (OP_{max} = 600 kPa) is dit maximaal 1200 kPa.

3 Verliezen bij het beproeven

3.1 Mogelijke waterverliezen bij beproeven

Bij het beproeven van een leidingsegment wordt er altijd een hoeveelheid water verloren, onder te verdelen in:

1. Schijnbare verliezen door adsorptie van water aan het leidingmateriaal;
2. Schijnbare verliezen door de elastische vervorming van de te beproeven sectie;
3. Schijnbare verliezen door compressie van de aanwezige gassen in de sectie;
4. Schijnbare verliezen als gevolg van temperatuurverschillen;
5. Echte verliezen langs lekkende afsluiters bij isolatie;
6. Echte verliezen door lekken in de leidingsectie.

De deelverliezen zijn te specificeren en geven inzicht in de foutenmarge die bij het afpersen van secties gehanteerd moet worden. De uitspraak of een sectie daadwerkelijk dicht is wordt hiermee genuanceerd of bevestigd.

Ad. 1 Adsorptie aan het leidingmateriaal

Deze verliezen treden op bij wateradsorberend materiaal als een cementcoating in stalen en gietijzeren leidingen. De hoeveelheid is moeilijk in te schatten en vooral afhankelijk van het totale oppervlak waaraan het water kan adsorberen. De dichtheid van materiaal speelt hierin ook een rol. In nieuwe leidingen met een cementcoating kan de hoeveelheid aanzienlijk zijn. De periode waarover het adsorptieproces zich uitstrekt kan enkele weken bedragen.

Ad. 2 Elastische vervorming

De elastische vervorming van het systeem bedraagt na het verwaarlozing van enkele tweede orde effecten:

$$\Delta V = V * \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e * E_R} \right) \quad eq. 3-1$$

Waarin:

- ΔV elastische vervorming van het leidingsectie (m³);
 V volume water in de sectie die wordt beproefd (m³);
 Δp drukval (Pa);
 E_w compressiemodulus van water (Pa);
 D inwendige middellijn van de leiding (m);
 e wanddikte van de leiding (m);
 E_R elasticiteitsmodulus van het leidingmateriaal (Pa).

Ad. 3 Compressie aanwezige gassen

Bij isothermische compressie (compressie waarbij de temperatuur van het gas gelijk blijft) is het volume van de hoeveelheid lucht in een sectie omgekeerd evenredig met de druk. Gezien de grote warmtecapaciteit van het water kan een isothermische compressie verondersteld worden. Dit betekent dat met een drukverschilproef de aanwezige hoeveelheid lucht bepaald kan worden. Hierbij moet echter wel gecorrigeerd worden voor de elastische vervorming van de sectie.

$$V_1 = \left(\frac{P_2}{P_1} * \Delta V \right) / \left(1 - \frac{P_2}{P_1} \right) \quad \text{eq. 3-2}$$

Waarin:

- V_1 volume lucht in de leiding in begin situatie (m^3);
- P_1 absolute druk in de sectie in de beginsituatie, bij een leidingdruk van 0 kPa is de absolute druk 100 kPa (Pa);
- P_2 absolute druk in de sectie in de eindsituatie, bij een leidingdruk van 300 kPa is de absolute druk 400 kPa (Pa);
- ΔV volume ($V_1 - V_2$) dat benodigd is van P_1 naar P_2 te komen gecorrigeerd voor de elastische vervorming. Bij $P_1 < P_2$ is ΔV negatief (m^3).

Ad. 4 Temperatuurveranderingen

In de richtlijn staat dat invloeden ten gevolge van grote temperatuurveranderingen in rekening gebracht moeten worden. Een temperatuureffect kan naar twee kanten werken. Bij vullen van een systeem met warm water neemt de druk af bij afkoelen en kan de sectie vals negatief beoordeeld worden. Andersom kan bij het opwarmen van water in de sectie de druk oplopen en kan een lek niet opgemerkt worden. De grootte voor deze verandering is afhankelijk van de temperatuursverandering van het water en de leidingen in de sectie. In de spreadsheet is de maximale volumeverandering berekend van de watermassa in de sectie bij de opgegeven temperatuurverandering.

Ad. 5 Lekkende afsluiters

De hoeveelheid water die bij afpersen langs de afsluiters weglekt is in een bestaande situatie te benaderen vanuit de drukloze situatie. In de drukloze situatie zal een slecht sluitende afsluiter water doorlaten van de aansluitende secties naar de drukloze sectie. Deze hoeveelheid kan gemeten of geschat worden. Vervolgens kan de snelheid langs de lekkende afsluiters uitgerekend worden op basis van het drukverschil. In combinatie met de hoeveelheid water die uitstroomt is het doorstroomd oppervlak uit te rekenen. Hiermee is vervolgens de hoeveelheid water te specificeren die bij afpersen verloren zal gaan als gevolg van het niet volledig afsluiten van de afsluiters.

Ad. 6 Echte lekken

Bij het afpersen van een bestaande sectie kan rekening gehouden worden met de bestaande bekende lekverliezen per lengte-eenheid leiding. Op basis van de volgende kentallen van het leidingnet is het verlies in de betreffende sectie te bepalen:

- Totale afzet binnen het voorzieningsgebied;
- Bekend lekverlies als percentage van de totale afzet;
- Lengte totale leidingnet;
- Lengte betreffende sectie.

Het spreekt voor zich dat het hierbij berekende lekverlies een geheel theoretische hoeveelheid is. Het werkelijk gevonden verlies bij afpersen kan gerelateerd worden aan deze hoeveelheid.

Bij het afpersen van een nieuwe sectie hoeft het bestaande lekverlies niet bij de beoordeling betrokken te worden.

3.2 Informatie voor beoordeling afpersen

Om het afpersen te kunnen beoordelen moet inzicht bestaan in de verschillende factoren die de beoordeling beïnvloeden. Op basis van de in hoofdstuk 3.1 geïnventariseerde effecten zijn de volgende gegevens van de te beproeven sectie noodzakelijk:

- Lengte, diameters, materiaalsoort, drukklasse of wanddikte van alle leidingdelen in de te beproeven sectie;
- Werkdruk;
- Beproevingdruk;
- Lekverlies in het volledige voorzieningsgebied in %;
- Totale leidinglengte voorzieningsgebied.

3.3 Spreadsheet voor beoordeling waterverlies

Bij het afpersen van een sectie treedt altijd waterverlies op. Deze hoeveelheden zijn voor een deel te voorspellen en voor deel volgen ze uit de het daadwerkelijke afpersen. Er is een spreadsheet gemaakt waarin de verschillende onderdelen van de waterverliezen uitgerekend worden. Een voorbeeld hiervan is opgenomen in bijlage I. In deze bijlage is tevens een summier handleiding voor de spreadsheet gegeven.

De berekeningen worden uitgevoerd met de materiaalconstanten volgens

Tabel 1. Voor de PE-materialen is niet de lange duur E-modulus (Elasticiteitsmodulus) genomen maar de E-modulus voor een korte beproeving. Ook na een liggingsduur van enkele tientallen jaren zal bij een korte beproeving het PE reageren volgens de korte duur E-modulus.

Tabel 1 E-moduli voor de leidingmaterialen en compressiemodulus voor water

materiaalsoort	E-Modulus kPa
PVC	3500000
LDPE	400000
MDPE	500000
HDPE	700000
PE40	400000
PE63	400000
PE80	500000
PE100	700000
Grijs gietijzer	50000000
Nodulair gietijzer	170000000
AC	25000000
Beton	25000000
Staal	210000000
niet bekend	-
	Compressiemodulus kPa
Water	2200000

Het spreadsheet is beschermd met een password dat bekend is bij de beheerder van het spreadsheet bij het waterleidingbedrijf.

4 Afpersen in de praktijk

4.1 Afpersen DZH

Bij DZH worden nieuwe leidingen afgeperst volgens twee verschillende methoden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen beperkt afpersen en uitgebreid afpersen. Het uitgebreid afpersen gebeurt bij bijzondere constructies als boringen en transportleidingen.

Voor leidingen met een inwendige cementcoating wordt na het vullen een periode van 48 uur in acht genomen waarin de coating water op kan nemen. Voor lange secties met grote diameter en een inwendige cementcoating wordt hiervoor een periode van 2 weken gehanteerd. Bestaande leidingen worden niet afgeperst.

4.1.1 *Beperkt afpersen*

Het protocol voor het beperkt afpersen (artikel 25.33.03 plus toelichting) heeft de volgende relevante kenmerken:

- Beproeven tegen een eindkap, flens of steekflens;
- Begindruk op 450 kPa;
- Voorlopige beproeving gedurende 2 uur;
- Na 2 uur de druk terugbrengen naar 450 kPa;
- Gedurende 24 uur de druk met een schrijvende manometer registreren.

Er is voor beperkt afpersen geen criterium gedefinieerd voor goedkeuren of afkeuren van een afgeperste sectie.

4.1.2 *Uitgebreid afpersen*

Het protocol voor het uitgebreid afpersen (artikel 25.35.11 plus toelichting) heeft de volgende relevante kenmerken:

- De te beproeven sectie dient volledig te zijn ingegraven met uitzondering van luchtkranen, schoonmaakstukken en flensverbindingen;
- Beproeven tegen een eindkap, flens of steekflens;
- De maximum snelheid van vullen bedraagt 0,4 m/s in de te beproeven leidingdelen;
- Fase I: Begindruk op 450 kPa;
- Fase II: Gedurende 24 uur de persdruk van 450 kPa handhaven waarbij er bij een drukval van meer dan 1% de druk met de perspomp opnieuw aangebracht moet worden. Hierbij moet de tijd van bijpompen geregistreerd worden;
- Fase III: Gedurende 8 uur de leiding beproeven met een begindruk van 450 kPa;
- Gedurende de gehele procedure de druk met een schrijvende manometer registreren.

Het criterium voor het goedkeuren van een afgeperste sectie is een maximaal drukverlies van 10 kPa.

4.1.3 Uitgevoerde afpersprocedures

Door DZH zijn de resultaten van 4 persproeven met geschreven drukverloop ter beschikking gesteld en 25 resultaten met alleen de begin en einddruk, zie bijlage II. Van alle secties zijn de materiaalsoort, nominale diameters en lengten van de leidingen binnen de sectie bekend.

Er zijn geen beoordelingen opgenomen in de gegevens, alleen beschrijvingen van het drukverloop als "stabiel", "gelijkmatige terugval", "sterke terugval in de eerste uren", "korte terugval eerste twee uur".

Van deze lijst worden drie afpersingen nader uitgewerkt en beoordeeld. De gegevens zijn in Tabel 2 weergegeven. Deze afpersingen zijn gekozen omdat de verschildrukken hier het grootste zijn.

Tabel 2 Afpersingen bij DZH op nieuwe leidingen met extreme uitslagen

Projectnummer	Lengte m	Diameter mm	materiaal­soort	Startdruk bar*	Einddruk bar*
3228132	345	110	PE	5	4,2
3228152	130	100	NGY	6	4
3900173	185	160	PVC	5,5	4,5

* DZH levert de gegevens in bar

De beoordeling van deze afpersingen wordt gedaan op basis van het elastisch gedrag van de betreffende sectie. In Tabel 3 is de relatie berekend tussen het gemeten drukverschil en de elastische volumeverandering. Omdat niet alle gegevens bekend zijn van de betreffende secties zijn hier aannames voor gedaan, zie Tabel 3, Toegevoegde informatie. Het niet mogelijk om de drukveranderingen gedurende het afpersen zonder meer te relateren aan een schijnbaar of echt verlies.

Op basis van de gemeten drukafname zijn de elastische verloren volumes berekend. De verloren volumes zijn zeer beperkt. Het is echter niet altijd te achterhalen of dit verloren volume elastisch is of echt lekverlies. Voor het projectnummer 3228132 (PE-leiding) is de drukvalmethode aan te raden. Het projectnummer 3228152 is dicht te noemen gezien het zeer kleine verloren volume bij 200 kPa drukverschil.

Tabel 3 Elastische volumeverandering bij gemeten drukverschillen

Projectnummer	Toegevoegde informatie	Drukverschil start - eind kPa	Verloren volume liters
3228132	mat. = PE100 drukklasse 1	80	4,35
3228152	wanddikte 5 mm	200	0,12
3900173	drukklasse 1	100	1,99

4.2 Afpersen PWN

Bij PWN worden zowel nieuwe leidingen als bestaande transportleidingen afgeperst. Het afpersen van nieuwe leiding geschiedt volgens AB-PWN2004, artikel 02.12. Voor bestaande leidingen zijn er geen voorschriften in AB-PWN2004 opgenomen. Er worden twee redenen aangegeven voor het afpersen: het testen van de sterkte en het testen van de dichtheid van de leidingen.

4.2.1 *Afpersen nieuwe leidingen*

Het protocol (AB-PWN2004, artikel 02.12) voor het afpersen van nieuwe leidingen heeft de volgende relevante kenmerken:

- Een lekdichtbeproeving in de open sleuf met een druk van 200 kPa (20 mwk);
- Gedurende 48 uur wordt de leiding onder bedrijfsdruk gehouden;
- Na 48 uur wordt de leiding met een snelheid van 100 kPa (10 mwk) per uur naar de beproevingsdruk gebracht;
- Gedurende 4 uur dient deze beproevingsdruk gehandhaafd te worden.

Er is geen criterium voor het verloren volume water gedefinieerd voor goedkeuren of afkeuren van een afgeperste sectie.

4.2.2 *Afpersen bestaande leiding*

Voor het afpersen van een bestaande leiding is geen voorschrift opgenomen. De volgende aandachtspunten zijn gedefinieerd:

- De persdruk is voor bestaande situaties $1,5 \cdot$ voorkomende druk op een maximale leveringsdag. De factor 1,5 wordt gebruikt omdat de test in een statische situatie wordt uitgevoerd. De te hanteren druk wordt voor de lokale situatie bepaald op basis van de resultaten van een netberekening;
- In de bestaande situatie wordt afgeperst tegen bestaande afsluiters waarvan geen 100% afsluitbaarheid gegarandeerd wordt;

Er is geen criterium voor het verloren volume water gedefinieerd voor goedkeuren of afkeuren van een afgeperste sectie.

4.2.3 *Uitgevoerde afpersprocedures*

Door PWN zijn 2 resultaten, sectie 4 en sectie 11, van persproeven op bestaande secties met geschreven drukverloop beschikking gesteld, zie bijlage III. Van de twee secties zijn de materiaalsoort, nominale diameters en lengten van de leidingen binnen de sectie bekend. Ook de gebruikte afsluiters (vlinderklep of schuifafsluiter en diameter) zijn bekend.

Sectie 4 is beproefd volgens de waterverliesmethode waarbij de benodigde ingepompte volumestroom gemeten wordt om de beproevingsdruk te handhaven.

Sectie 11 is beproefd volgens de waterverliesmethode en volgens de drukafnamemethode.

Voor beide afpersproeven is geen criterium genoemd waar de sectie aan zou moeten voldoen.

Tabel 4 Gegevens afpersingen bestaande situatie PWN

Sectie	Testduur uur	Lengte m	Diameter mm	Materiaal	Begindruk bar*	Einddruk bar*	Bijgepompt volume m ³
4	4**	497,83	500	AC	9	9	2,946
		71,47	500	NGY			
		14,68	315	HPE			
11	2	3389,10	500	AC	9	9	1,058
		50,10	500	NGY			

* PWN levert de gegevens in bar

** volgens opgave, volgens de begeleidende grafiek is slechts 2 uur afgeperst met een volumestroom van 1,3 m³/uur

De beoordeling van deze afpersingen wordt gedaan op basis van het elastisch gedrag van de betreffende sectie. In Tabel 5 is de berekende relatie gegeven tussen het gemeten drukverschil en de elastische volumeverandering. Omdat niet alle gegevens bekend zijn van de betreffende secties zijn hier aannames voor gedaan.

Tabel 5 Berekende elastische volumeverandering bij gemeten drukverschillen

Sectie	Toegevoegde informatie	Verloren volume m ³	Drukverschil start – eind kPa
4	drukklasse 1 voor AC en HPE wanddikte NGY 10 mm	2,946	26.269
11	drukklasse 1 voor AC en HPE wanddikte NGY 10 mm	1,058	1.509

Zoals uit de berekening van het elastisch gedrag blijkt, verliezen deze secties veel meer water dan uit het elastisch gedrag verklaard kan worden. De berekende drukverschillen tussen start en eind van de proef bij de opgegeven verloren volumes zijn niet realistisch.

Op basis van een berekening van het elastisch gedrag geldt voor sectie 4 dat er 13 liter water elastisch verloren gaat bij een drukverschil over 100 kPa. Voor sectie 11 gaat er 75 liter water verloren bij een drukverschil over 100 kPa.

Uit de geschreven drukgrafieken voor sectie 11 blijkt dat het grootste deel van het verlies op rekening komt van het op druk brengen van de sectie en maar een beperkt deel (0,060 m³/uur) noodzakelijk is voor het op druk houden van

de sectie. Tevens wordt er na 11:00 uur volgens opgave een extra sectie bij betrokken.

Sectie 11 is in twee fasen afgeperst. Volgens het rapportageformulier is na 11:00 uur sectie 12 bijgeschakeld. Vervolgens is tot 14:00 de druk gehandhaafd op 900 kPa. Het bijpompen van water om de druk te handhaven lijkt hierna te zijn gestopt volgens de drukregistratie, de registratie van de volumestroom gaat niet verder dan 29 april 11:00 uur. Vervolgens zakt de druk gedurende 21,5 uur met 110 kPa. Als dit gedrag volledig elastisch beschouwd wordt, is hier ongeveer 80 liter water verloren in de vervorming van de sectie gedurende 21,5 uur.

Uit het registratieformulier is niet af te leiden of sectie 12 is opgenomen in de leidinggegevens.

In sectie 4 wordt volgens de registratie 1,3 m³/uur verloren. Indien de afsluiters volledig afsluiten is de benodigde opening in de leiding met de opgestelde spreadsheet te berekenen. Dit komt bij een persdruk van 900 kPa neer op een netto doorstroomd oppervlak van 9 mm². Bij een contractie coëfficiënt (μ) van 0,7 betekent dit een fysiek opening van 13 mm². Voor sectie 11 is een gelijke berekening te maken. Hier wordt 0,06 m³/uur verloren. Hier is bij de gehanteerde persdruk een netto oppervlak nodig van 0,5 mm².

De verliezen kunnen ook beschouwd worden als verliezen langs de afsluiters. Ook hier is het mogelijk om een netto benodigd oppervlak te berekenen op basis van een aangenomen drukverschil over de afsluiters. In de berekening wordt uitgegaan van 400 kPa aan de netzijde en 900 kPa aan de perszijde. Voor de verliezen in sectie 4 wordt dan een netto doorstroomd oppervlak berekend van 11 mm² (fysieke opening 16 mm²) en voor sectie 11 is een netto doorstroomd oppervlak nodig van 0,5 mm².

Dit betekent voor het afpersen van dit soort secties dat er bij marginale lekopeningen in de buis of in de afsluiters het elastische gedrag niet te onderscheiden is van echte lekken. Het onderscheid is van belang voor kunststof buizen. Voor starre buizen (gietijzer, staal en beton) blijkt het elastische gedrag zodanig klein te zijn dat het onderscheid niet noodzakelijk gemaakt hoeft te worden.

Een goede registratie van zowel de volumestroom, het verloren volume en de druk is noodzakelijk om de juiste conclusies uit de afpersacties te kunnen trekken.

5 Afpersprotocol

Uit de registratie van de metingen van zowel DZH als van PWN is het niet mogelijk om de schijnbare en echte verliezen te onderscheiden en als alleen de drukken gemeten worden is het zelfs niet mogelijk om iets over de som van deze twee waterverliezen te zeggen. Om dit wel te kunnen moet de registratie aangepast en de meting uitgebreid worden. Ook dient de te volgen methode aangepast te worden aan het materiaal van de sectie die wordt afgeperst. Een sectie met hoofdzakelijk PE gedraagt zich anders dan een sectie met hoofdzakelijk nodulair gietijzer.

Er zijn voor een afpersprotocol de volgende variabelen:

- Bestaande leiding;
- Nieuwe leiding;
- Materialen binnen de sectie, star (gietijzer, staal, beton) of elastisch (PE, PVC);
- Verwachte elastische verlies goed meetbaar (> 5 liter (arbitraire keuze)).

Naast de variabelen bestaan er nog een aantal gegevens die altijd in de rapportage opgenomen dienen te zijn. Dit zijn:

- Éénduidige identificatie van de sectie die beproefd is;
- Van elke betrokken afsluiter het type en de diameter;
- Van alle leidingen in de sectie:
 - de nominale diameter;
 - lengte;
 - materiaalsoort;
 - drukklasse of wanddikte;
- Starttijd beproeving;
- Eindtijd beproeving;
- Uitstroming bij $p = 0$ in de te beproeven sectie (maat voor het lekken over de afsluiters)
- Tussentijden van acties als:
 - Maximum druk bereikt;
 - Stoppen suppletie water;
 - Teruggaan naar maximum persdruk;
 - Elke relevante actie;
- Hoeveelheid suppletiewater na het bereiken van de maximum druk om deze druk te handhaven indien toegepast;
- Grafische of digitale registratie van de drukken en volumestromen gedurende de proef.

5.1 Afpersen bestaande leiding sectie

Bij het beproeven van een bestaande sectie is het essentieel om een goede indruk te krijgen van de schijnbare verliezen over de afsluiters waartegen geperst wordt. Deze informatie kan worden afgeleid uit de hoeveelheid water die in drukloze toestand uit de betreffende sectie naar buiten stroomt plus de aanwezige druk in het leidingnet. Deze grootheden zijn in het spreadsheet in

te vullen en vervolgens wordt het verlies over de afsluiters bij de persdruk berekend.

Deze grootheden dienen in de uitvoering gemeten te worden voordat de beproeving begint en moeten in de rapportage worden vastgelegd.

Vervolgens kan gekozen worden voor een meting van het verwijderde volume of een meting van het ingepompte volume. Als het een sectie betreft waarin nauwelijks water wordt verloren via lekkende afsluiters, lekke leidingdelen en elastisch gedrag is een meting van de drukafname voldoende. Het elastisch gemeten gedrag kan vervolgens met de spreadsheet beoordeeld worden.

5.2 Afpersen nieuwe leidingsectie

Bij een beproeving in een nieuwe leidingsectie zal er over het algemeen gebruik gemaakt worden van eindkappen, flenzen en steekflenzen. Hierover treden geen waterverliezen op. Binnen het meetprotocol hoeft hier geen rekening mee te worden gehouden. De gekozen methode moet aan het leidingmateriaal worden aangepast.

5.3 Materialen binnen de sectie

De methode van beproeven hangt samen met het materiaal in de sectie. Echter ook de maximum beproevingsdruk is afhankelijk van het materiaal in de sectie. Secties die beproefd worden om de zwakke plekken eruit te halen (gietijzer, Bonna buizen) kunnen beproefd en gemonitord worden gedurende de beproeving, immers een eventueel ontstaan lek wordt zichtbaar in de grafiek. Voor PVC is het echter mogelijk dat het materiaal versneld verouderd vanwege een overspanning van het materiaal. Het is daarom aan te raden PVC-leidingen niet boven zijn drukklasse te belasten, ook al omdat in de bestaande situatie de leiding niet spanningsloos hoeft te liggen.

5.4 Verwacht elastisch verlies

Indien het verwachte elastische verlies erg klein is (starre buizen) ligt het voor de hand de drukafname methode te kiezen.

5.5 Matrix methoden

Op basis van de overwegingen in rapport is in de volgende matrix op te zetten voor de afpersmethode en het leidingmateriaal.

Tabel 6 Methode voor afpersen en leidingmateriaal in sectie

Materiaal	Waterverlies		Afpersmethode	Interval	Drukval
	Verloren volume	Ingepompt volume	Drukafname		
Gietijzer					
Staal					
Beton					
AC					
PVC					
PE					

6 Conclusies

Op basis van het uitgevoerde onderzoek zijn de volgende conclusies geformuleerd:

- De methode van beproeven op waterdichtheid is sterk afhankelijk van het materiaal van de te beproeven leiding.
- Voor een beoordeling van een beproeving is het noodzakelijk dat zowel de druk als de ingevoerde volumes gemeten worden.
- Er is een spreadsheet beschikbaar waarin de verschillende onderdelen van de verliezen gedurende een afpersprocedure (volume en druk) bepaald kunnen worden.
- Aan de hand van het gedrag in drukloze toestand (stroomt er permanent water uit de sectie) is de afsluitbaarheid van de betreffende afsluiters te bepalen. Hiermee kunnen de verliezen over de afsluiters gedurende de beproeving berekend worden.
- De "VEWIN richtlijn drinkwaterleidingen buiten gebouwen" geeft een beproevingsprocedure waarin de beproevingsdruk op kan lopen tot meer dan 1,5 maal de drukklasse van een leiding. Dit kan voor kunststof leidingen een verkorting van de levensduur betekenen.
- De twee bedrijven DZH en PWN gebruiken verschillende afpersprotocollen waarbij geen gebruik gemaakt wordt van kennis van het gedrag van de af te persen sectie;
- Er zijn bij beide bedrijven geen criteria geformuleerd voor het goed- of afkeuren van een afpersprocedure.

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- De methode van beproeven te kiezen op basis van het leidingmateriaal in de te beproeven sectie.
- De schijnbare verliezen ten gevolge van elasticiteit, luchtinsluiting, temperatuurvariaties en adsorptie in de beoordeling mee te nemen.
- De grootte van de echte verliezen te relateren aan het gedrag in drukloze toestand en bekende lekverliezen.

I Voorbeeld van het spreadsheet

Theoretische verliezen bij afpersen							
Elastisch gedrag in af te persen sectie							
	lengte	materiaal	nominale diameter	drukklasse	wanddikte (mm)		inwendige diameter
	m		mm	MPa	uit tabel	eigen invoer	mm
Leidingdeel 1	497,83	AC	500	1	34	-	500
Leidingdeel 2	200	Nodulair gietijzer	500	1	-	10	500
Leidingdeel 3	10	HDPE	315	1	28,6	-	257,8
Leidingdeel 4	0		#N/A	#N/A	-	-	#N/A
Leidingdeel 5	0		#N/A	#N/A	-	-	#N/A
Leidingdeel 6	0		#N/A	#N/A	-	-	#N/A
Leidingdeel 7	0		#N/A	#N/A	-	-	#N/A
Leidingdeel 8	0		#N/A	#N/A	-	-	#N/A
Leidingdeel 9	0		#N/A	#N/A	-	-	#N/A
Leidingdeel 10	0		#N/A	#N/A	-	-	#N/A
Totale lengte (m)	707,83						
Totale inhoud (liters)	137541						
Drukval (kPa)	107			Δ V elastisch (liters)		14,80	
Δ V (liters)	60			Drukval (kPa)		434	
Aanwezig luchtvolume							
P1 (absolute druk in begintoestand in kPa, atmosferisch is 100 kPa)						100	
P2 (absolute druk in eindtoestand in kPa)						400	
ΔV (volumeverschil van P1 naar P2 in liters gecorrigeerd voor elastische verliezen)						-5	
Aanwezig volume lucht in begintoestand						6,67	
Verliezen over lekkende afsluiters							
Druk in het leidingnet in bedrijf (kPa)						400	
Uitstroom uit sectie drukloos (l/s)						0,015	
Opening in afsluiters (mm ²)						0,53	
Afpersdruk (kPa)						900	
Te verwachten verliezen bij persdruk (l/s)						0,02	
Te verwachten verliezen bij persdruk (l/uur)						60,37	
Verliezen volgens bekend lekverliespercentage							
Lekverlies jaarverslag of schatting in sectie (%)						8	
Afzet jaarverslag (m ³ /jaar)						80000000	
Lengte leidingnet jaarverslag (km)						1000	
verlies m ³ /jaar per m						6,40	
verlies per jaar in betrokken sectie bij bedrijfsdruk [cel H32] (m ³)						4530,11	
Opening in lekken in sectie (mm ²)						5,08	
Te verwachten verliezen bij persdruk [cel H36] (l/s)						0,22	
Te verwachten verliezen bij persdruk [cel H36] (l/uur)						775,70	
Verliezen ten gevolge van temperatuursverandering							
volume van de sectie (liters)						137541	
temperatuursverandering						10	
Δ V (liters)						285	

Met het beschikbare spreadsheet zijn een aantal verliezen of schijnbare verliezen uit te rekenen. In de geel gekleurde cellen vindt een handmatige invoer plaats. In de oranje gekleurde cellen kan gekozen worden uit een aantal gedefinieerde invoeren zoals materiaalsoort, nominale diameter en drukkklasse. Indien bij deze combinatie een inwendige diameter bekend is wordt deze gegeven. Zo niet dan kan de gebruiker de inwendige diameter zelf invoeren.

In de roze gekleurde cellen wordt het rekenresultaat gegeven.

In het deel “elastisch gedrag” wordt bij een in te voeren drukval de elastische volumeverandering uitgerekend. Indien de volumeverandering groter is dan bij het elastisch gedrag hoort is de sectie lek of is een te grote hoeveelheid lucht aanwezig.

Indien de volumeverandering bekend is wordt de bijbehorende elastische drukval berekend.

Het aanwezige luchtvolume kan bepaald worden indien er geen lekken aanwezig zijn. In het eerste deel van de spreadsheet kan bepaald worden wat de elastische volumeverandering is bij de aangebrachte drukverschillen.

De verliezen over lekkende afsluiters kunnen worden bepaald. Uit de berekening blijkt dat bij zeer kleine volumestromen (bijna 100% dichte afsluiters) en een weinig elastische leiding (gietijzer, staal) al grote drukvallen kunnen ontstaan.

Met behulp van het deel “Lekverliezen volgens bekend lekverliespercentage” kan een gevonden verlies in perspectief worden geplaatst. Door de invoer zodanig te manipuleren dat het verlies overeenkomt met het gevonden verlies is een inschatting te maken van de gevonden grootte van de gaatjes in de leiding.

Tenslotte is de volumeverandering ten gevolge van een temperatuurverandering berekend. Bij afpersingen in een open sleuf kunnen dit soort temperatuurveranderingen voorkomen. Door de berekende volumeverandering in te vullen in het deel “Elastisch gedrag” is de bijbehorende drukverandering uit te rekenen in de spreadsheet.

II Resultaten afpersen DZH

overzicht resultaten beproevingsrapporten, verschillende straten.

Onderzoek drukgrafieken									
projectnr	lengte	diam.	inhoud	mat.	start	eind	verschil		
3035122	190	160	3,820	pvc	6,5	6	0,5	gelijkmatige terugval	
3041462	150	160	3,016	pe	6	5,5	0,5	gelijkmatige terugval	
3041462	240	315	18,703	pvc					
			25,540						
3045722	150	110	1,425	pvc	6,5	6,4	0,1		
3081762	100	110	0,950	pvc	6,4	5,9	0,5	gelijkmatige terugval	
			2,376						
3081762	300	160	6,032	pvc	6,3	6	0,3	gelijkmatige terugval	
3085322	60	50	0,118	pvc	10	8	2	gelijkmatige terugval	
			6,150						
3085322	110	75	0,486	pvc					
3085322	155	110	1,473	pvc					
			1,959						
3089862	60	160	1,206	pvc	6	6	0	stabiel	
3089862	220	75	0,972	pvc	5,9	5,7	0,2	gelijkmatige terugval	
			2,178						
3132822	10	63	0,031	pvc	5	4,5	0,5	gelijkmatige terugval	
3132822	150	50	0,295	pvc					
3132822	210	110	1,996	pvc					
			2,321						
3165052	612	110	5,816	pvc	5	5	0	stabiel	
3170422	187	110	1,777	pvc	5,1	4,6	0,5	gelijkmatige terugval	
			7,593						
3171462	12	63	0,037	pvc	6,5	6	0,5	gelijkmatige terugval	
3171462	60	50	0,118	pvc					
			0,155						
3109922	70	110	0,665	pvc				stabiel	
3109922	160	63	0,499	pvc				stabiel	
3109922	200	50	0,393	pvc	6	6		stabiel	
			1,557						
3228132	345	110	3,279	pe	5	4,2	0,8	gelijkmatige terugval	
3228152	130	100	1,021	ngy	6	4	2	gelijkmatige terugval	
3229352	57	63	0,178	pvc	5,1	5	0,1	stabiel	
3241712	500	160	10,053	pvc	4	3,8	0,2	gelijkmatige terugval	
3245112	90	63	0,281	pvc	6,5	6,5	0	stabiel	
3260962	70	110	0,665	pe	6	4	2	sterke terugval in de eerste uren	
3261362	120	110	1,140	pvc	6,5	6,5	0	stabiel	
3900173	185	160	3,720	pvc	5,5	4,5	1	gelijkmatige terugval	
3049912	215	50	0,422	pvc	5	4,5		korte terugval eerste twee uur	
3049912	60	63	0,187	pvc	5	4,5		daarna stabiel	
3049912	300	110	2,851	pvc	5	4,5			
3049912	190	200	5,969	ngy	5	4,5			
3147522	290	110	2,756	pvc	6	5,8		korte terugval eerste twee uur	
3147522	30	63	0,094	pvc	6	5,8		daarna stabiel	
3147522	22	160	0,442	pvc	6,2	6		korte terugval eerste twee uur	
3147522	57	110	0,542	pvc	6,2	6		daarna stabiel	
3147522	10	63	0,031	pvc	6,2	6			
3147522	20	50	0,039	pvc	6,2	6			
3241912	30	110	0,285	pvc	5,2	5		korte terugval eerste twee uur	
3241912	50	63	0,156	pvc	5,2	5		daarna stabiel	
3241912	33	50	0,065	pvc	5,2	5			

0,15 l/h.
 $\Delta v = 9,55 \text{ l}$
 $\Delta p = 306 \text{ mm}$
 ← $\Delta p = 200 \text{ v} = 0,12$
 ← $1 \text{ PPA } 200 \text{ l/h}$
 $v = 2$

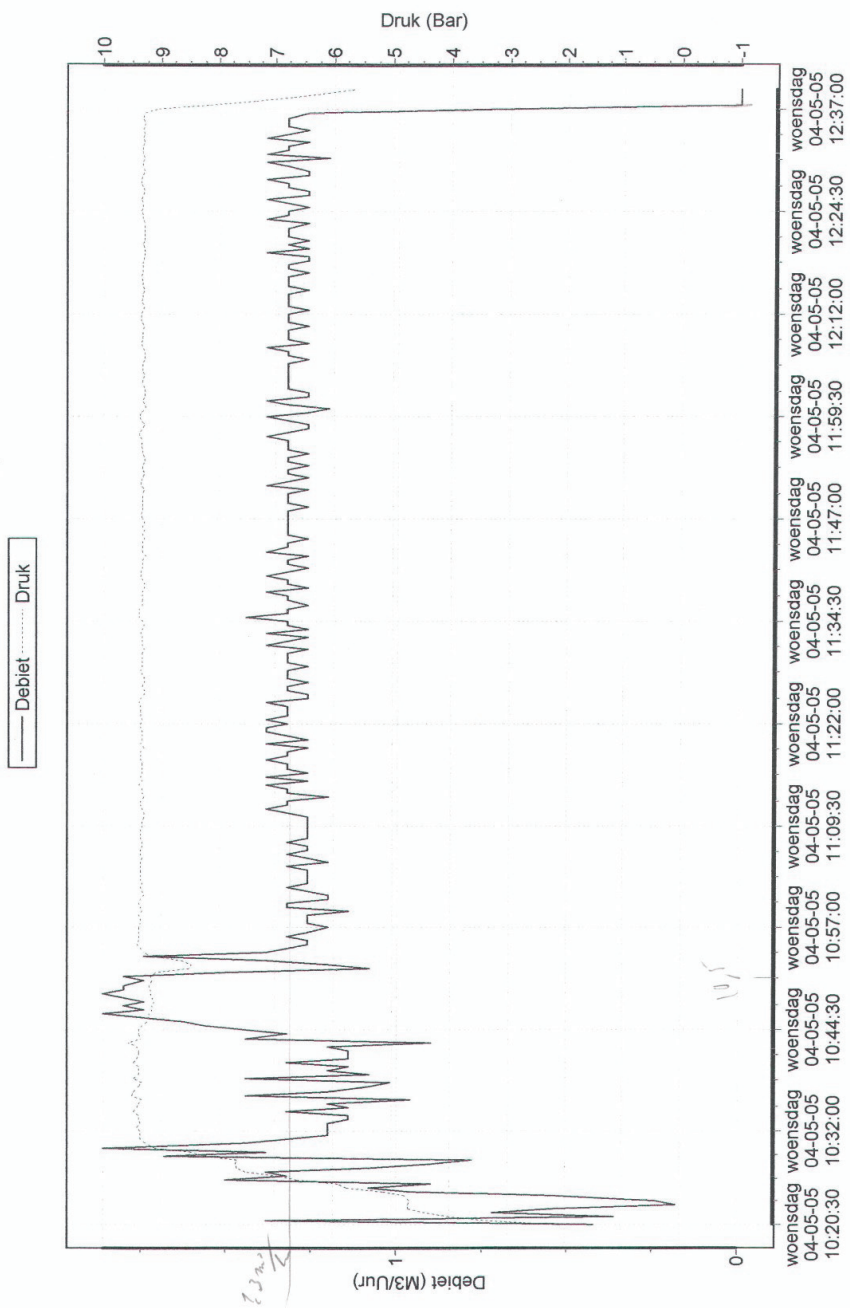
25 sluis

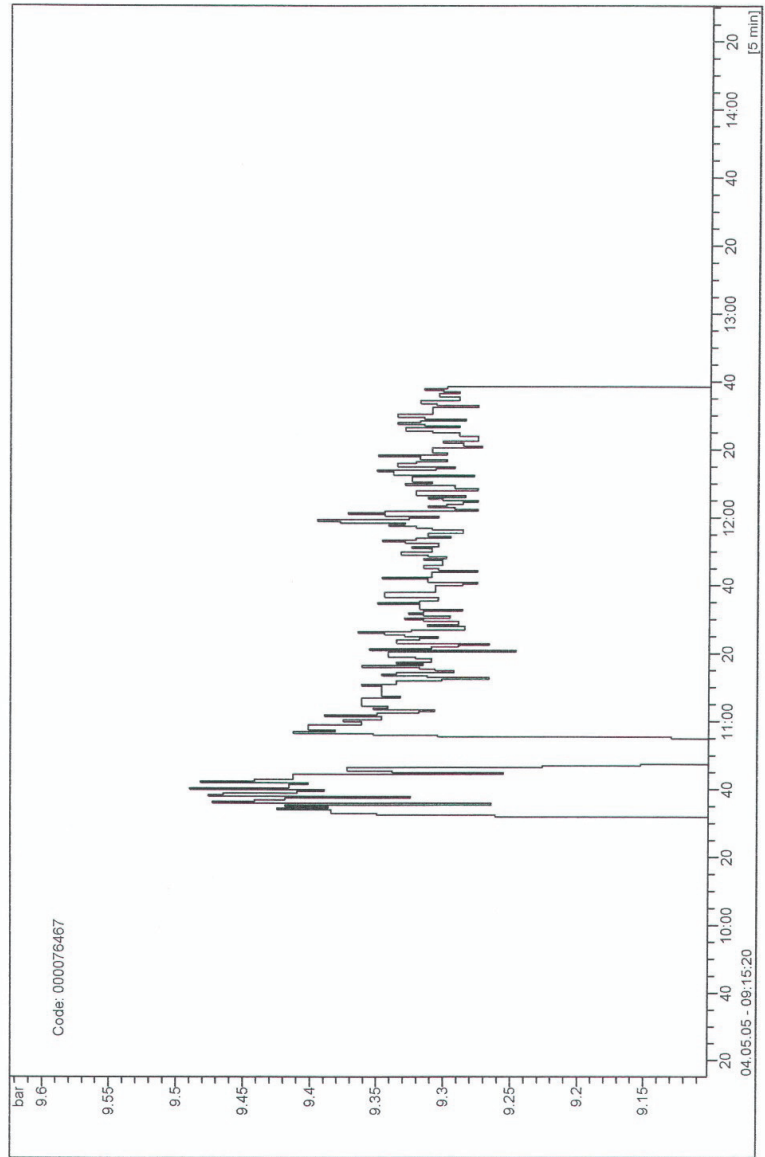
III Resultaten afpersen PWN

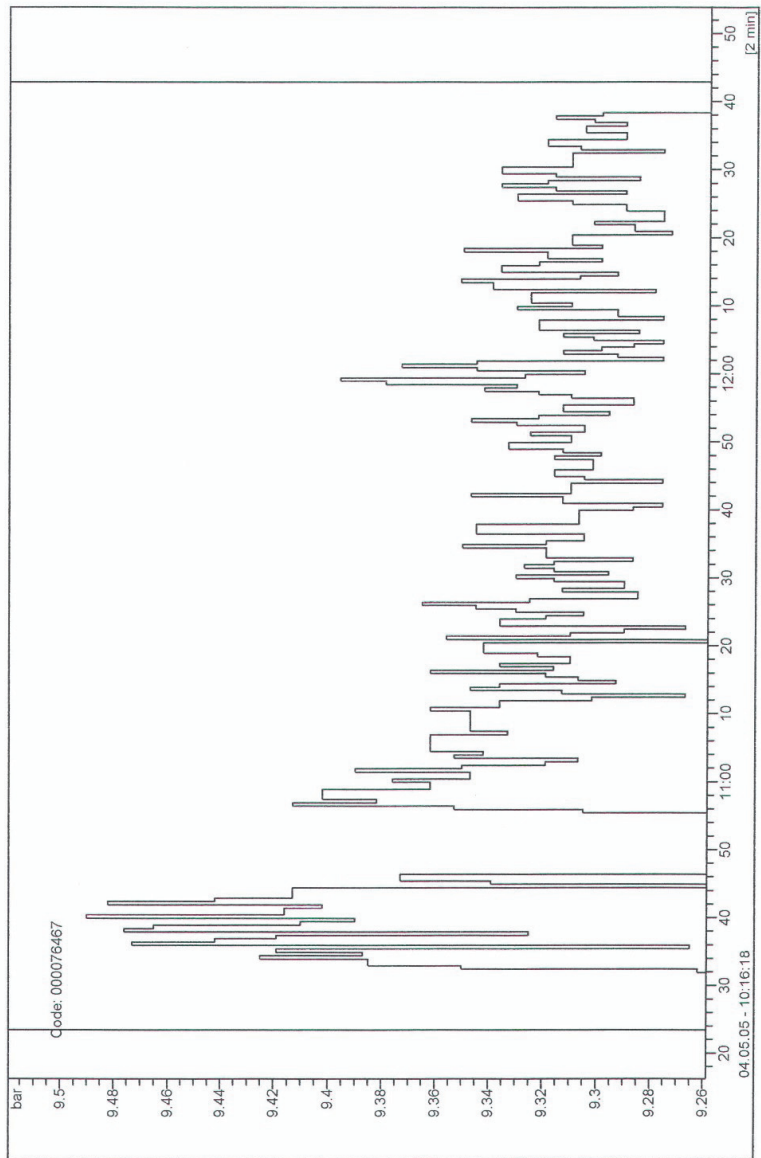
RAPPORTAGE FORMULIER DRUKTEST NOORD									
SECTIE	4								
ADRES	Hoogkarspel Drechtelandseweg (N 302) achter Kosterij 9			naar Hoogkarspel Streekweg /Bernhardlaan					
PERSPUNT	Noordervoert t.h.v. 1 op ontluuchtingskraan water onttrekken uit brandkraan 97								
TE BEDIENEN AFSLUITERS EN VLINDERKLEPPEN									
						tijd sluiten	gemeld	tijd open	gemeld
Schets	1	DRL 138	vlinderklep	500 mm	10 slagen	8:15	5117	15:00	5117
Schets	2	DRL 24	afsluiter	300 mm		8:15	5117	15:00	5117
Schets	2	DRL 140	afsluiter	200 mm		8:15	5117	15:00	5117
DRUKMEETPUNT									
Schets	3 Op te graven ontluuchtingskraan nabij afsluiter DRL 140								
LEIDINGLENGTE									
					jaar van aanleg				
AC	500 mm	497,83	MTR	1974 t/m 1978					
NGY	500 mm	71,47	MTR						
HPE	315 mm	14,68	MTR						
		569,30	MTR	INHOUD	120,00 M3				
DRUKTEST									
	Watermeterstand Qn 1,5								
	druk perspunt	meetpunt in leidingsectie							
start	0,42 bar	3,00 bar			18,517 M3				
na 2 uur	9,00 bar	9,00 bar			0,000 M3				
na 4 uur	9,00 bar	9,00 bar			21,463 M3				
							Totaal bij	2,946 M3	
							gepompt		
Conclusie									
Er is alleen over de Qn 1,5 watermeter afgeperst ivm minimaal waterverbruik.									
Uitgevoerd									
				naam fitter					

17-5-2005 13:24

Sectie 4 Qn 1,5 18,517 - 21,463 = 2,946





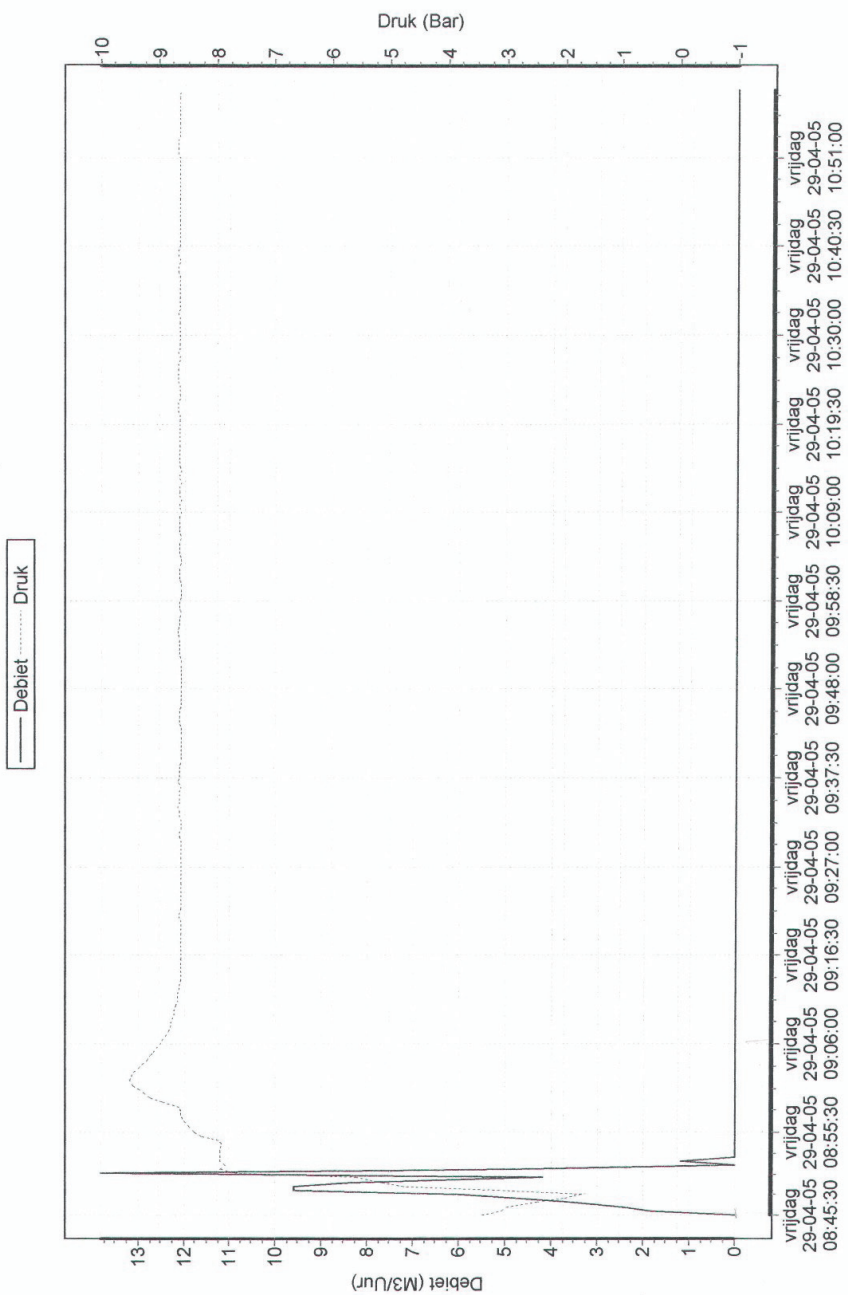


RAPPORTAGE FORMULIER DRUKTEST NOORD									
SECTIE	11								
ADRES	Bennemeerweg nabij VK NKL 30 Naar Noorderkoggezeedijk nabij afsluiter WRM 186								
PERSPUNT	1 Op propstuk nabij VK NKL 29								
TE BEDIENEN AFSLUITERS EN VLINDERKLEPPEN									
						tijd sluiten	gemeld	tijd open	gemeld
Schets	1	NKL 29	VK	500 mm	20 slagen	8:30	5117	16:00	5117
Schets	1	NKL 28	afsluiter	200 mm		8:30	5117	16:00	5117
Schets	2	NKL 191	afsluiter	300 mm		8:30	5117	16:00	5117
Schets	3	NKL 193	afsluiter	150 mm		8:30	5117	16:00	5117
Schets	4	WRM 187	afsluiter	300 mm		8:30	5117	16:00	5117
Schets	4	WRM 186	afsluiter	500 mm		8:30	5117	16:00	5117
DRUKMEETPUNT									
Schets	4 Op propstuk nabij afsluiter WRM 186								
LEIDINGLENGTE									
						jaar van aanleg			
AC	500 mm	3389,10	MTR			1938 t/m 1986			
NGY	500 mm	50,10	MTR			1938 t/m 1986			
		3439,20	MTR	INHOUD	687,00	M3			
DRUKTEST									
						Watermeterstand Qn 6		Qn 1,5	
	druk perspunt	meetpunt in leidingsectie							
start	4,00 bar	4,00 bar							
							52,525 M3		18,043
na 2 uur	9,00 bar	9,00 bar							
							53,112 M3		18,514
						Totaal bij gepompt	0,587 M3		0,471
Conclusie									
Om 11:00 is sectie 12 erbij genomen en zijn dus gezamenlijk afgeperst.									
Uitgevoerd	naam fitter								

6058 m³

17-5-2005 13:04

Sectie 11 Qn 6 52,525 - 53,112 = 0,587



Sectie 11 Qn 1,5 18,043 - 18,317 = 0,274

— Debiet

