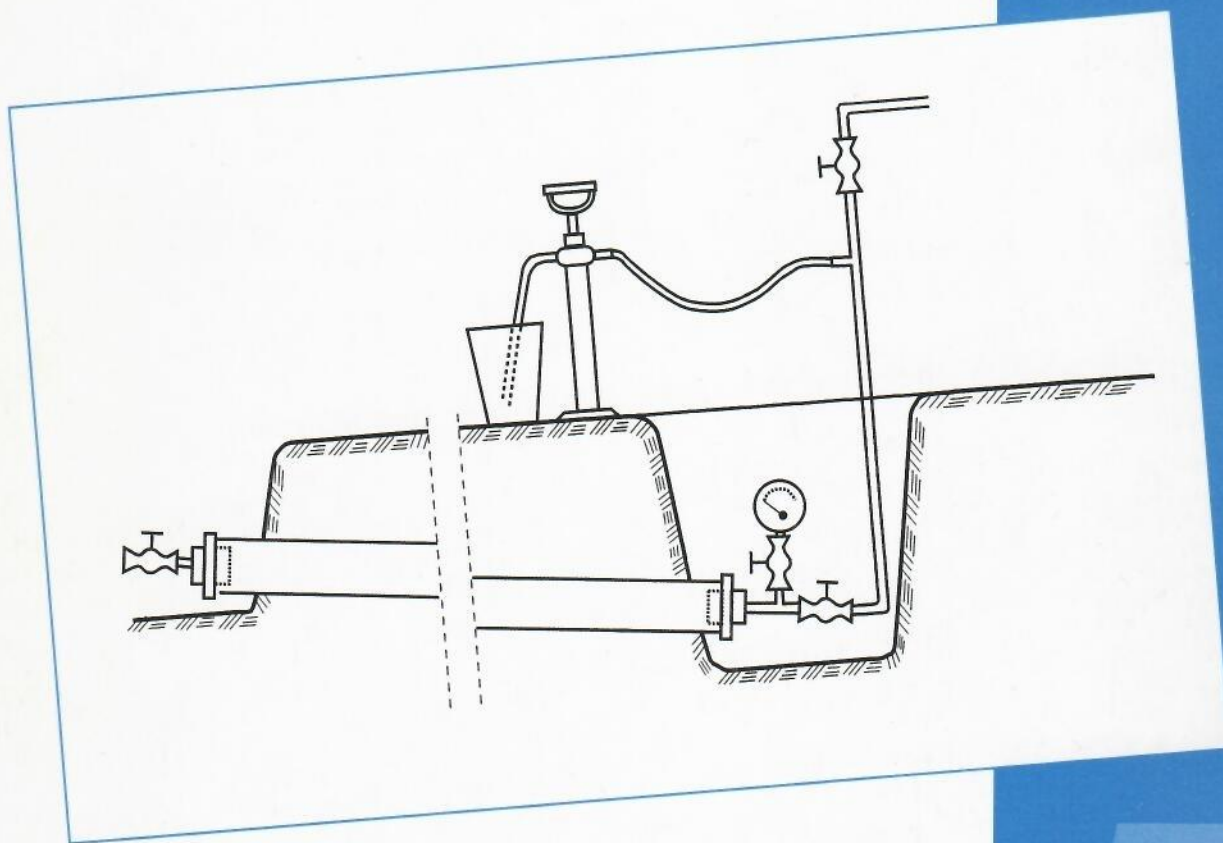


# *Anvisningar för täthetsprovning av tryckledningar*

*tillverkade av polyolefiner  
(polyeten, polypropen och polybuten)*

PUBLIKATION

VAV P78 ● APRIL 97



VAV

## Förord

Sedan 1964 har provning i fält av tryckledningar av plast utförts enligt meddelandet VA 17 från Kungliga Väg och Vattenbyggnadsstyrelsen, *Anvisningar för täthetsprovning av plastledningar*. Ny forskning och utveckling av moderna termoplaster har gjort det möjligt att skapa förutsättningar för en förenklad och till rörmaterialens egenskaper anpassad provmetod främst vad avser polyolefina plastmaterial; PE, PB och PP. I denna publikation presenteras en metod för täthetsprovning i fält av tryckrörsledningar av sådana material.

Underlaget till anvisningarna har utarbetats av professor Lars-Eric Janson, VBB gruppen AB Stockholm.

Anvisningarna har redigerats av civ ing Dan Ekbäck, Stockholm.

Inom VAV har civ ing Nils Lindblad ansvarat för den slutliga handläggningen.

Tryckrörsledningar av andra, mindre krypbenägna plastmaterial, t ex PVC och GAP, kan som regel täthetsprovas enligt metod anvisad för konventionella styva rör (KVVS Bestämmelser Bk 21, 1952).

Stockholm i april 1997

Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, VAV

# Innehåll

0 Läsanvisningar ..... 5

1 Allmänna föreskrifter  
och förutsättningar ..... 6

2 Provnings  
genomförande ..... 7

2.1 Normalprovning ..... 7

2.2 Förlängd provning ..... 7

3 Bedömning av  
provningsutfall ..... 8

3.1 Bedömning av provningsutfall,  
normalprovning ..... 8

3.2 Bedömning av provningsutfall,  
förlängd provning ..... 8

Kommentarer ..... 10

Referenser till Kommentarer ..... 12

## 0 Läsanvisningar

Publikationen är uppdelad i en anvisningsdel och en kommentardel.

Anvisningarna ger föreskrifter om hur provningen skall utföras samt om hur provningsutfall skall bedömas. De föreskrifter som blir bindande i de fall anvisningarna åberopas i ett av-

tal mellan en beställare och en entreprenör är tryckta mot vit bakgrund. Råd i anslutning till föreskrifterna är tryckta mot tonad bakgrund.

I kommentardelen presenteras den tekniska/vetenskapliga bakgrunden till metoden.

# 1 Allmänna föreskrifter och förutsättningar

Före täthetsprovningen skall såväl permanenta som för täthetsprovningen eventuellt erforderliga förankringar av rörböjar, avgreningar, ändpunkter o d vara utförda på ett betryggande sätt.

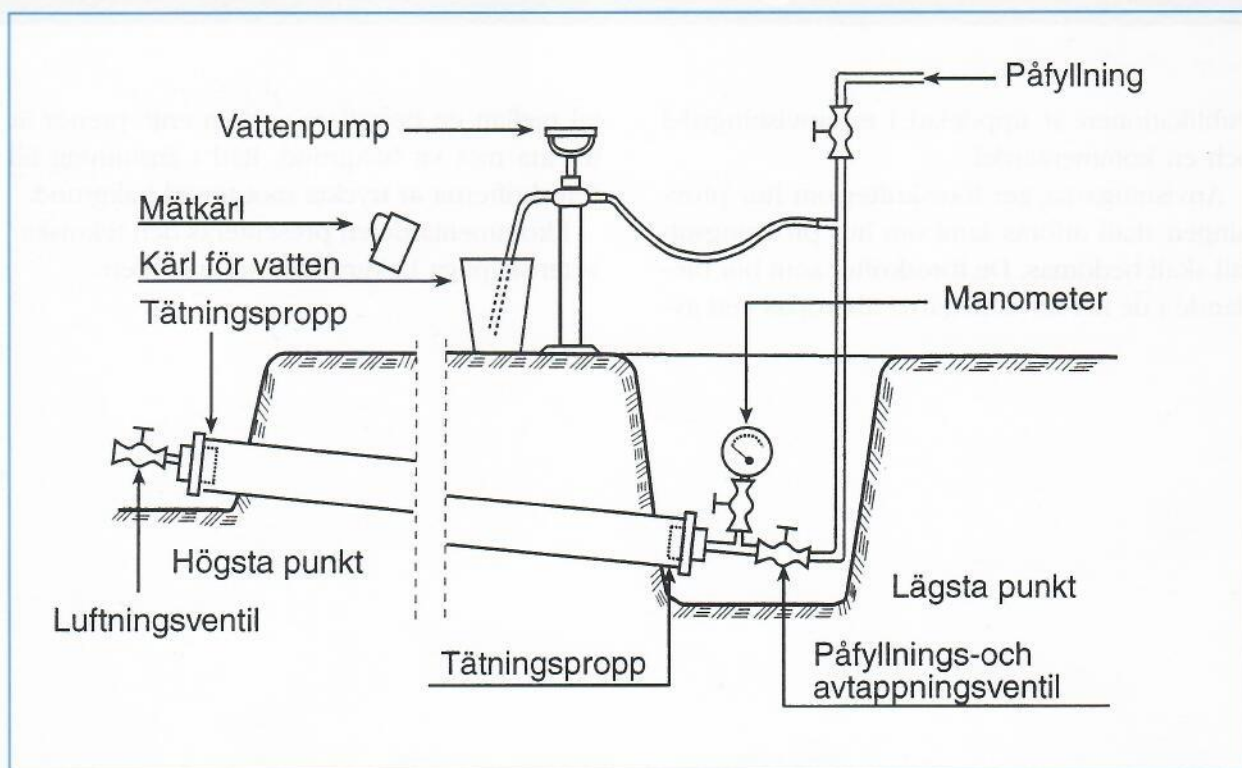
Vid täthetsprovningen skall precisionsmanometer användas. Manometerns skalindelning får inte vara grövre än 10 kPa (0,1 bar).

Täthetsprovningen skall utföras under konstanta temperaturförhållanden.

- Om ledningen inte är övertäckt med jord bör den skyddas mot temperaturväxlingar, t ex på grund av sol, genom lämplig övertäckning. Täthetsprovning av blottad ledning bör ske vid mulet väder eller efter solens nedgång.

Täthetsprovning skall ske med vatten av dricksvattenkvalitet.

- Luft i ledningen ger missvisande provningsutfall. Påfyllning av vatten bör därför ske i provningssträckans lägsta punkt under omsorgsfull utluftning i högsta punkt, figur 1. Nivåskillnad mellan lägsta och högsta punkt bör inte överstiga 10 m. Om ledningen har markerade högpunkter på provningssträckan bör luftningsventiler installeras i dessa punkter.



Figur 1 Monterad provningsutrustning vid täthetsprovning

Före täthetsprovningen får ledningen inte vid något tillfälle ha varit satt under tryck överstigande det som anges som överenskommet provtryck. Skulle ledningen vid något tillfälle av misstag eller till följd av underkänd täthetsprovning ha varit utsatt för högre tryck än vad som svarar mot provtrycket, skall ledningen hållas trycklös minst 1 dygn innan den åter sätts under tryck.

Före täthetsprovningens start skall ledningen initialbelastas under minst 12 timmar. Trycket vid initialbelastningens början skall vara lika med provtrycket.

Provtrycket skall vara  $1,3 \times PN$ , där  $PN$  är ledningens nominella tryckklass uttryckt i bar. Ledningen skall lämnas orörd under initialbelastningstiden (minst 12 timmar).

Om det dimensionerande arbetstrycket är väsentligt lägre än vad som motsvarar ledningens nominella tryckklass kan provtrycket, efter överenskommelse med beställaren, minskas i motsvarande grad.

## 2 Provningens genomförande

### 2.1 Normalprovning

Täthetsprovningen inleds, efter initialbelastningstiden, med att trycket i ledningen höjs till provtrycket genom att vatten inpumpas. Det inpumpade vattnet skall ha samma temperatur som det vatten som redan lagras i ledningen ( $\pm 3$  °C tolerans).

Trycket i ledningen skall sedan hållas konstant vid provtrycket under totalt 5 timmar genom att successivt med pumpning för hand tillföra erforderlig mängd vatten med en temperatur som svarar mot medeltemperaturen hos vattnet som redan lagras i ledningen ( $\pm 3$  °C tolerans). Vattenvolymen,  $A$ , som erfordras för att hålla provtrycket konstant under den tredje timmen uppmäts. Provtrycket bibehålls fortsättningsvis konstant, varefter på liknande sätt erforderlig vattenvolym  $B$  uppmäts för att hålla provtrycket konstant under den femte timmen. Provtrycket skall uppmätas med en noggrannhet om  $\pm 1$  kPa (0,01 bar).

Vattenvolymerna  $A$  och  $B$  skall uppmätas med en lägsta noggrannhet av  $\pm 0,01 D$ , där  $D$  är kontrollvattenmängden enligt avsnitt 3.

Tiden för den tredje respektive femte timmens början och slut skall uppmätas med en noggrannhet av  $\pm 1$  minut

En referensvolym  $RN$  i liter bestäms ur

$$RN = B - 0,550 A.$$

### 2.2 Förlängd provning

Om provningen vid förfarande enligt 2.1 inte ger godkänt resultat enligt 3.1 får provningen förlängas. Därvid skall den vattenvolym,  $C$ , uppmätas som erfordras för att hålla trycket konstant vid provtrycket under den sjunde timmen på samma sätt och med samma krav på noggrannhet som föreskrivs under 2.1.

En referensvolym  $RF$  i liter bestäms ur

$$RF = C - 0,691 B.$$

### 3 Bedömning av provningsutfall

En kontrollvattenmängd,  $D$ , bestäms ur  
 $D = (0,4 d_i - 20) \cdot L/24000$  uttryckt i l/h

$L$  är provad ledningssträckas längd i m  
 $d_i$  är ledningens innerdiameter i mm

Om den provade ledningssträckan  $L$  samman-  
sätts av längderna  $l_1, l_2, l_3 \dots$  med diametrarna  
 $d_{i1}, d_{i2}, d_{i3} \dots$ , används medeldiametern

$$d_i = \frac{l_1 d_{i1} + l_2 d_{i2} + l_3 d_{i3} + \dots}{L}$$

vid bestämning av kontrollvattenmängden  $D$ .

#### 3.1 Bedömning av provningsutfall, normalprovning

G: Om  $RN \leq D$  är täthetsprovningen godkänd

U: Om  $RN > D$  är täthetsprovningen inte godkänd.

#### 3.2 Bedömning av provningsutfall, förlängd provning

G: Om  $RF \leq D$  är täthetsprovningen godkänd

U: Om  $RF > D$  är täthetsprovningen inte godkänd.

Provning i fält enligt VAV P 78 av plaströrsledningar,  
tryckledning av polyolefina material (PE, PB, PP)

## PROVNINGS PROTOKOLL

Beställare: \_\_\_\_\_

Arbetsplats: \_\_\_\_\_

Ledningssträcka: \_\_\_\_\_

Arbetet utfört av: \_\_\_\_\_

Längd L, m	
Innderdiamter $d_i$ , mm	
Typ av plast (PE, PB eller PP)	

Tryckklass PN, bar	
Provtryck, bar	
Kontrollvattenmängd D, liter/h. $D = (0,4 d_i - 20) L/24\ 000$	

Vid provtryckningen var ledningen

helt blottad

överfylld utom vid skarvarna

helt överfylld

nedsänkt under vatten

Normalprovning:

Vattenvolym A, liter (under tredje timmen)	
Vattenvolym B, liter (under femte timmen)	

Referensvolym RN, liter $RN = B - 0,550A$	
Provutfall G ( $RN \leq D$ ) U ( $RN > D$ )	

Förlängd provning (om underkänd, U, vid normalprovning enligt ovan)

Vattenvolym C, liter (under sjunde timmen)	
---	--

Referensvolym RF, liter $RF = C - 0,691B$	
Provutfall G ( $RN \leq D$ ) U ( $RN > D$ )	

Anmärkning: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ Kontrollant: \_\_\_\_\_

Arbetsledare: \_\_\_\_\_

Denna sida kan kopieras för att användas som protokoll i samband med täthetsprovning.

Den viskoelastiska krypningen som uppstår hos plaströrsmaterial när en rörledning av detta material utsätts för invändigt hydrostatiskt tryck förorsakar ett med tiden pågående tryckfall, även om ledningen är helt tät. Detta innebär att tryckfallet, som för elastiska rörmaterial vanligtvis indikerar ett läckage, inte enkelt kan användas som bas för bestämning av läckaget hos en plastledning. År 1964 publicerades en svensk rekommendation för täthetsprovning av plaströrsledningar baserad på fältstudier av PEL-rör med liten diameter ( $\phi$  160 mm) [1]. Anvisningar för täthetsprovning utgavs därefter av dåvarande Kgl Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen (KVVS) som Meddelande VA 17.

Ehuru de allmänna rekommendationerna fortfarande gäller vad beträffar sättet på vilket provningar skall utföras, har ny forskning och utveckling av moderna termoplaster gjort det möjligt att skapa förutsättningar för en förenklad och mer till rörmaterialets specifika egenskaper anpassad provmetod. De huvudsakliga arbetena som möjliggjort detta nya synsätt återfinns i referens [2] - [8].

På uppdrag av VAV utarbetades 1991 en rapport som beskriver den teoretiska bakgrunden till den nya provningsmetoden baserad på senare års forskning. Rapporten har titeln "Method for Tightness Testing of Plastics Pressure Pipelines" (Janson, L-E). En förkortad version har presenterats i [9] samt i [10]. Avsikten med rapporten till VAV var att låta den utgöra ett svenskt bidrag till det pågående europeiska standardiseringsarbetet inom CEN (Comité Européenne de Normalisation).

Provningsmetoden har använts av VBB-gruppen i Stockholm sedan 1989 för främst långa sjöförlagda ledningar. Eftersom metoden är enkel och tillräckligt prövad har det ansetts lämpligt att rekommendera den till användning som en generell metod i avvaktan på eventuella modifieringar som kan bli följden av pågående CEN-arbete. Metoden har visat sig kunna användas för alla mark- eller sjöförlagda tryckrör av främst polyolefina material (PEH, PEM, PEL, PP och PB) för vatten, avlopp eller gas.

Den är tillämplig även för PVC-rör och GAP-rör, även om den viskoelastiska krypningen i dessa material som regel är så ringa under provningstiden att betydelsefulla trycksänkningar inte uppstår, förutsatt att ledningen är tät.

I [2] diskuteras olika typer av relationer mellan töjningen i en polymer och belastningstiden, oberoende av om spänningen i rörväggen är konstant eller om den är föremål för relaxation. Analysen baseras på upptäckten av att det förekommer en fysikalisk åldringsprocess hos amorfa polymerer, men också till betydande grad hos halvkristallina polymerer, sådana som polyeten. Den fysikaliska åldringen medför en förstärkning av materialet som funktion av belastningstiden, vilket tillskrivs en successiv konsolidering av den molekylära strukturen. Man kan sålunda påvisa att efter en viss belastningstid töjningen i det belastade materialet ökar linjärt som funktion av belastningstiden, om töjningen anges i linjär skala och tiden i logaritmisk skala. För amorfa material har det visat sig att belastningstiden, innan detta linjära tillstånd infinner sig, kan vara tämligen lång. Emellertid visar omfattande undersökningar att för kristallina polyetenmaterial är denna belastningstid vanligen mycket kort och i de flesta fall inte mer än några timmar.

Följaktligen är det möjligt att förutsäga töjningen i ett polyetenmaterial utsatt för konstant spänning, efter vilken belastningstid som helst, endast baserad på den initialt observerade töjningsökningen.

Under antagande av att rörledningen lagras övertäckt i mark eller på havsbotten, där temperaturen kan betraktas som praktiskt taget konstant under provningsstiden, samt där friktionen mellan rör och jord respektive förankringsvikter medverkar till att förhindra axiell förlängning av rörledningen när den utsätts för invändigt hydrostatiskt provtryck, kan man också räkna med att det uppstår en mer eller mindre linjär relation mellan töjningsökningen i rörväggen och volymförändringen hos den i rörledningen lagrade vattenvolymen; (åtminstone så länge provningstrycket är måttligt jämfört med vad röret kortsiktigt kan klara).



Detta innebär att volymökningen  $\Delta V_{(t_4 - t_3)}$  under tidsrymden  $t_4 - t_3$  kan uttryckas som en funktion av volymökningen  $\Delta V_{(t_2 - t_1)}$  under tidsrymden  $t_2 - t_1$  enligt följande ekvation:

$$\Delta V_{(t_4 - t_3)} = \Delta V_{(t_2 - t_1)} \frac{\log t_4/t_3}{\log t_2/t_1} \quad (1)$$

Vilka provtider som helst kan givetvis användas, men en praktiskt tillämpbar mätperiod har visat sig vara den som innebär att  $t_1 = 2h$ ,  $t_2 = 3h$ ,  $t_3 = 4h$  och  $t_4 = 5h$  räknat efter start av provningen. Därmed blir

$$\Delta V_{(5h - 4h)} = \Delta V_{(3h - 2h)} \frac{\log 5/4}{\log 3/2} \quad (2)$$

vilket numeriskt blir

$$\Delta V_{(5h - 4h)} = 0,550 \Delta V_{(3h - 2h)} \quad (3)$$

Provningen skall föregås av en period av minst 12 timmar, under vilken tid rörledningen skall belastas med ett invändigt hydrostatiskt tryck som motsvarar det överenskomna provtrycket, som regel  $1,3 \times PN$ . Under denna tid tillåts trycket falla som det naturligt gör till följd av rörmateriallets krypning.

Täthetsprovningen inleds därefter med att trycket i ledningen höjs till provtrycket genom att vatten inpumpas, som har samma temperatur som det vatten som redan lagras i ledningen ( $\pm 3$  °C tolerans).

Trycket i ledningen skall sedan hållas konstant vid provtrycket under totalt 5 timmar genom att successivt tillföra erforderlig mängd vatten med en temperatur som svarar mot medeltemperaturen hos vattnet som redan lagras i ledningen ( $\pm 3$  °C tolerans). Vattenvolymen  $\Delta V_{(3h - 2h)}$  som erfordras för att hålla provtrycket konstant under den tredje timmen uppmäts noggrant. Provtrycket bibehålls fortsättningsvis konstant, varefter på liknande sätt erforderlig vattenvolym  $\Delta V_{(5h - 4h)}$  uppmäts för att hålla provtrycket konstant under den femte timmen.

Det kan sedan beräknas om den sistnämnda uppmätta vattenvolymen är större än den som anges av högra ledet i ekv (3). I så fall kan det finnas ett visst läckage eller också har det upp-

stått en förändring av rör/vattenvolymen under provningsperioden beroende av exempelvis temperaturförändring och/eller axiell rörförlängning. Detta får i så fall göras till föremål för särskild värdering.

Enligt svensk praxis (KVVS Bestämmelser Bk21 av år 1952) anges den acceptabla läckvattenmängden för en tryckvattenledning i liter per km och dygn som funktion av rörets innerdiameter, enligt formeln  $(0,4 d_i - 20)$  där  $d_i$  är rörets invändiga diameter i mm. Denna vattenmängd omräknad till tiden 1 timme och aktuell ledningslängd kan användas som mått på provningsmetodens tolerans. Det är således inte säkert att den sålunda framräknade "läckvattenmängden" är annat än fiktiv. Ett överskridande av denna "kontrollvattenmängd" bör däremot betraktas som läckage och bör inte tillåtas för en välgjord plastledning.

Om täthetsprovningen inte blir godkänd vid förfarandet enligt ovan kan det bero på att det rätlinjiga sambandet mellan linjär töjning och logaritmisk tid för plastmaterialet ifråga inte hunnit infinna sig redan efter två timmar. Det kan då vara lämpligt att låta täthetsprovningen fortgå kontinuerligt efter fem timmar och upp till totalt 7 timmar. Man ändrar därmed mätperioderna i ekv 1 så att  $t_1 = 4h$ ,  $t_2 = 5h$ ,  $t_3 = 6h$  och  $t_4 = 7h$ . Ekv (3) kommer därmed att omformas till

$$\Delta V_{(7h - 6h)} = 0,691 \Delta V_{(5h - 4h)} \quad (4)$$

Vattenvolymen som erfordras för att hålla trycket konstant under den femte timmen är då densamma som tidigare medan ytterligare en vattenmängd uppmäts; den som erfordras för att hålla trycket konstant under den sjunde timmen. Det kan sedan på nytt värderas om den sistnämnda vattenvolymen är större eller mindre än den som anges av högra ledet i ekv (4).

För rör med invändig diameter  $< 50$  mm bör "fullständig" täthet kunna påräknas, d v s skillnaden mellan vänster och höger led i ovanstående formler (3) respektive (4) bör alltid vara  $\leq 0,1$ .

## Referenser till Kommentarer

- [1] Janson, L-E, 1964, "Utredning om täthetsprovning av plastledningar". - KVVS publikationsserie Vatten och Avlopp Pu 8.5.
- [2] Janson, L-E, 1988, "Physical aging of buried PVC sewer pipes as affecting their long term behaviour". - Proc 7<sup>th</sup> Int Conf Plastics Pipes, Bath, UK, september 1988.
- [3] Bergström, G, Holmström A och Janson, L-E, 1986. "Ett studium av åldringen hos en långtidsbelastad utloppsledning av HDPE". - VBB-rapport, november 1986.
- [4] Janson, L-E, 1988, "Rapport över långtidsprovning av PEM-rör ø 100 PN4 DGDS 0909 utsatt för invändigt hydrauliskt tryck". - VBB-rapport för Neste, januari 1988.
- [5] Janson, L-E, 1991, "Long term studies of PVC and PE pipes subjected to forced constant deflection. - KP report No 3, Stockholm, December 1991.
- [6] Janson, L-E, 1992, "Investigation of long term strength properties for PE pipes". - VBB VIAK Report for Neste, Stenungsund April 1992.
- [7] Janson, L-E, 1993, "Utvärdering av provningar av hållfasthetsegenskaper hos PE-tryckrör (PE100, Solvay Eltex TU B 124, blue)" . VBB VIAK-rapport för Nordisk Wavin, september 1993.
- [8] Janson, L-E, 1993, "Utvärdering av provningar av hållfasthetsegenskaper hos PE-tryckrör (PE100, NESTE NCPE 2494, BLUE)". - VBB VIAK-rapport för Neste, oktober 1993.
- [9] Janson, L-E, 1992, "Method for tightness testing of plastics pressure pipelines. - Plastics Pipes VIII Int Conference. British Plastics and Rubber Institute, Königshof, The Netherlands, September 1992. p III:1 - III:8.
- [10] Janson, L-E, 1993, "Method for tightness testing of plastics pressure pipelines. - Construction and Building Materials. 7(1993) No 4 pp. 241 - 244.