

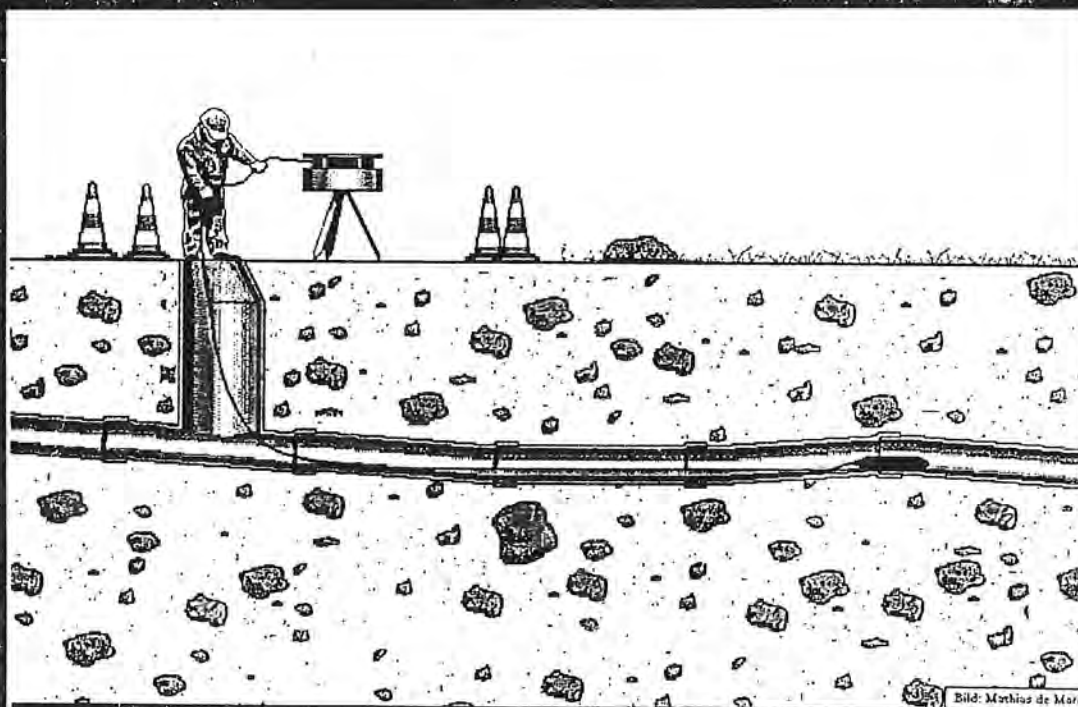
PUFF Juni 1995

Arbetsrapport

# Funktionsklassbedömning

Nytt sätt att värdera profilmätning av avloppsledningar

Av Mathias de Maré



LTH  
Malmö VA-verk

## Förord

Föreliggande rapport har tagits fram inom ramen för PUFF-projektet. Projektet som bedrivs i samarbete mellan institutionen för teknisk vattenresurslära vid LTH och VA-verket i Malmö, behandlar olika aspekter på planering för underhåll och förnyelse av va-tekniska försörjningsnät.

I denna rapport redovisas en idé till ett nytt sätt att värdera en avloppslednings funktion utifrån resultaten av profilmätning. Med den nya metoden sker en bedömning av hur väl en profilmätt ledning motsvarar uppställda krav för självrensning och på så vis om den fyller sin funktion.

PUFF-projektet finanseras av Byggforskningsrådet (BFR), VA-FORSK, Nordiska plaströrgruppen (NPG), Betongrörsföreningen, Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF) och Malmö VA-verk.

Malmö/Lund Juni 1995

Viveka Lidström

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sid.
<b>1</b>	<b>Inledning</b>	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
<b>2</b>	<b>Teknik för profilmätning</b>	2
2.1	Allmänt	2
2.2	Slangsättningsmätning	2
2.3	Lodmätning	3
2.4	Dokumentation av resultat från profilmätning	3
<b>3</b>	<b>Bedömning av avvikelser från teoretisk profillinje</b>	4
3.1	Toleransklasser	4
3.2	Toleransklass inget mått på funktionsduglighet	5
3.3	Behov av värderingsmetod för funktionsduglighet	6
<b>4</b>	<b>Bedömning av funktionsduglighet</b>	7
4.1	Allmänt	7
4.2	Erforderlig lutning för att uppnå självrensning	7
4.3	En svackas storlek	8
4.4	Värdering av en lednings funktionsduglighet	9
4.5	Värdering av enskilda svackor	10
4.6	Funktionsklassbedömning med hjälp av dator	11
<b>5</b>	<b>Test av den föreslagna funktionsklassbedömningen</b>	13
5.1	Underlagsmaterial	13
5.2	Jämförelse av toleransklass och funktionsklass	14
<b>6</b>	<b>Avslutande kommentarer</b>	16

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Vikten av att utföra undersökningar av va-ledningar i fält kan inte nog understrykas. Den kunskap och erfarenhet man vinner på detta sätt är av avgörande betydelse för planeringen av erforderliga underhålls- och förnyelseåtgärder på ledningsnätet. Profilmätning är en fältundersökningsmetod som används för att lokalisera svackor på avloppsledningar. Metoden är intressant vid besiktning av såväl nya som gamla ledningar.

## 1.2 Syfte

Syftet med den företagna studien är att lägga fram en idé till ett helt nytt sätt att värdera resultaten från profilmätning av avloppsledningar. Med den föreslagna metoden värderas ledningens förmåga att fylla sin funktion som självfallsledning utan att man får slamavsättningar. Den värderingsmetod som tillämpas idag säger inget om ledningens funktion utan anger bara hur väl ledningen anlagts i förhållande till teoretisk profillinje.

## 2 Teknik för profilmätning

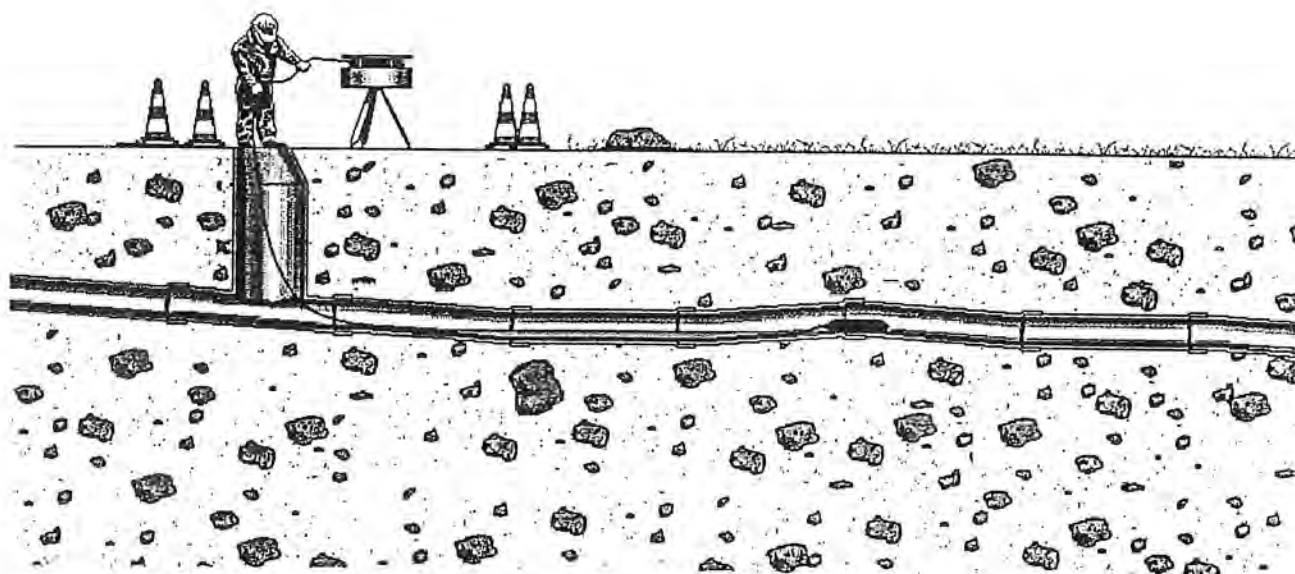
### 2.1 Allmänt

En avloppsledning kan uppvisa riktningssavvikelser i både horisontal- som vertikalled. Ser man till ledningens vattenförande funktion är det främst avvikelser i vertikalled som är av betydelse. Exempel på orsak till riktningssavvikelser är sättningar i marken, otillräckligt stöd runt ledningen och missar i anläggningsarbetet.

Med profilmätning menas inmätning av en lednings profillinje. Vattengången mäts i vissa bestämda längdsektioner längs ledningen. I dagsläget utförs profilmätning endast i begränsad omfattning. De två metoder som används är slangställningsmätning och lodmätning. Vid båda metoderna dras en mätkropp genom ledningen. För att mätningen skall ge rättvisande resultat bör rengöring av ledningen ske före mätning.

### 2.2 Slangställningsmätning

Vid slangställningsmätning bestäms profillinjen genom att man drar en vattenfylld slang längs ledningens botten. Den ände av slangen som ligger på ledningens botten är försedd med en sond. Sonden har en inbyggd givare som anger på vilket höjd sonden befinner sig i förhållande till en på förhand bestämd nollpunkt. Efterhand som slangen dras genom ledningen sker mätning med bestämda intervall. Vanligt avstånd mellan mätpunkterna är 2 meter. Mätnoggrannheten motsvarar kraven för fältprovning enligt publikation VAV P50, "Fältprovningens anvisningar". Figuren nedan visar en principskiss av hur slangställningsmätning går till.

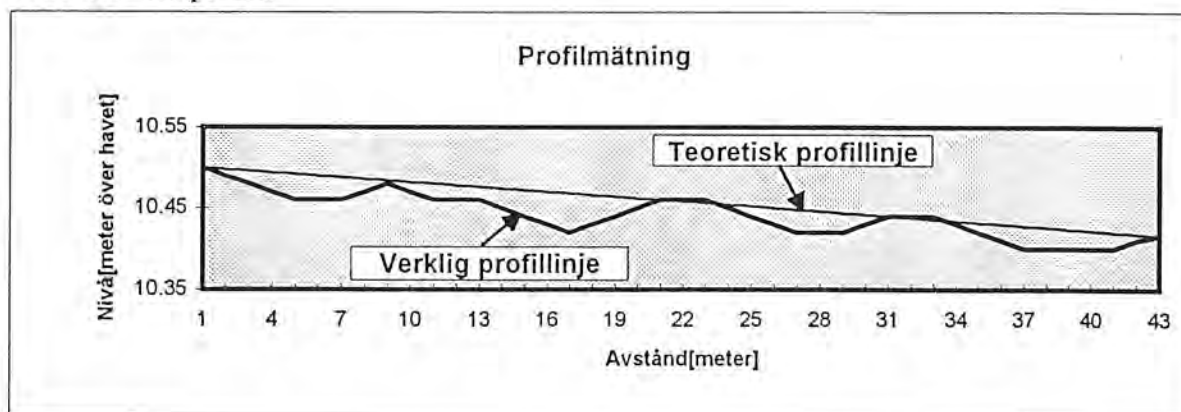


## 2.3 Lodmätning

Denna metod för profilmätning utförs vanligen i samband med TV-inspektion. Mätningen sker med hjälp av ett litet lod som monteras fast på kamerautrustningen. Lodet ger kameravagnens och därmed ledningens lutning i varje punkt samtidigt som vagnens framdrift i längsled registreras. Dessa två uppgifter tillsammans med de på förhand givna höjderna i mätsträckans start respektive slutpunkt ger ledningens profillinje. Med korrekta och noggrant angivna värden i start- och slutpunkt ger även denna metod god noggrannhet. Mätnoggrannheten blir dock i allmänhet något sämre än vid slangställningsmätning.

## 2.4 Dokumentation av resultat från profilmätning

Resultatet från profilmätningen redovisas antingen enbart med en utskrift av mätsträckans profilkurva eller med utskrift av både profilkurva och en tabell med registrerade värden i varje mätpunkt. Figuren och tabellen nedan visar en principskiss av en profilkurva med tillhörande mätvärden. Med teoretisk profillinje menas den räta linje som går mellan ledningssträckans start- och slutpunkt.



Längd [m]	Nivå [m]	Avvikelse från teoretisk profillinje [mm]
0	10.500	0
1	10.500	0
3	10.476	-20
5	10.449	-43
7	10.449	-49
9	10.475	-9
11	10.448	-32
13	10.449	-27
15	10.435	-37
17	10.420	-48
19	10.435	-28
21	10.459	0
23	10.457	2
25	10.435	-16
27	10.421	-26
29	10.421	-22
31	10.439	0
33	10.437	2
35	10.420	-11
37	10.391	-36
39	10.392	-31
41	10.391	-28
43	10.415	0

### 3 Bedömning av avvikelser från teoretisk profillinje

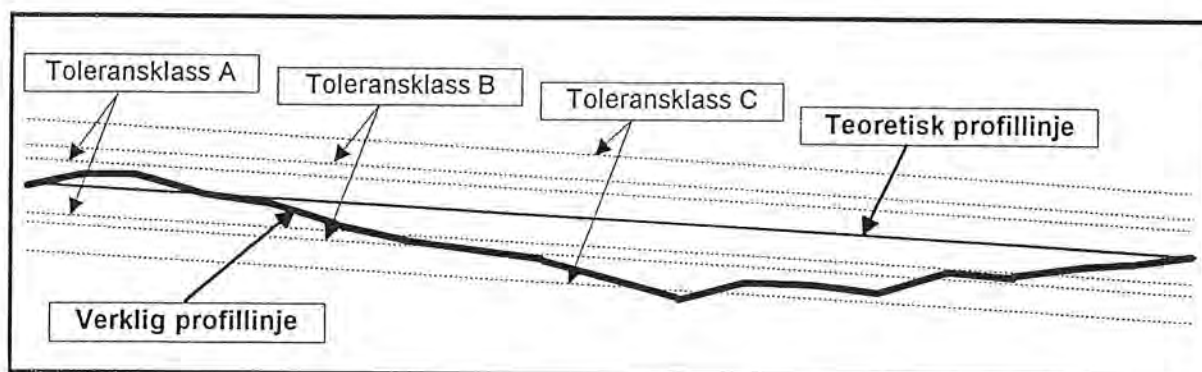
#### 3.1 Toleransklasser

Enligt VAV P50 "Fältprovningssanvisningar" görs en indelning av profilmätta avloppsledningar i olika toleransklasser. Dessa speglar den verkliga profillinjens avvikelse från teoretisk profillinjen. Toleransklasserna är med andra ord en värdering av med vilken precision ledningarna byggts i förhållande till den projekterade profilen.

Värderingen av de profilmätta ledningarna går till på så vis att varje mätpunkt på sträckan hänförs till toleransklass A, B, C eller D beroende på avvikelens storlek. I följande tabell redovisas högsta tillåtna avvikelse i mm för respektive toleransklass.

Nominell rördiameter	Toleransklass		
	A	B	C
< 200 mm	± 30 mm	± 45 mm	± 75 mm
≥ 200 mm	± 40 mm	± 60 mm	± 100 mm

Figuren nedan visar en principskiss över en lednings teoretiska och verkliga profillinjer med övre och undre gräns för toleransklass A, B och C utritade.



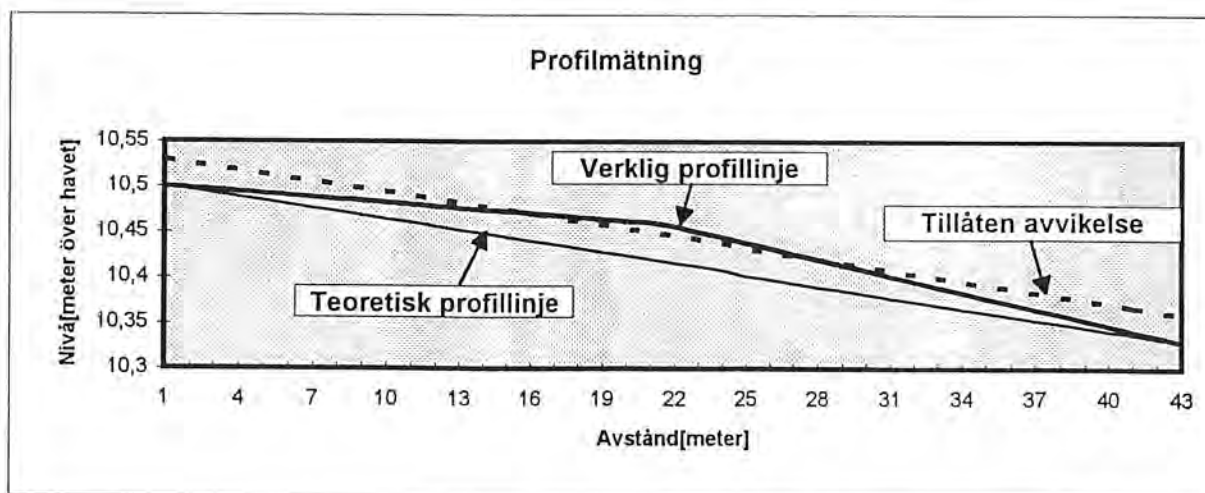
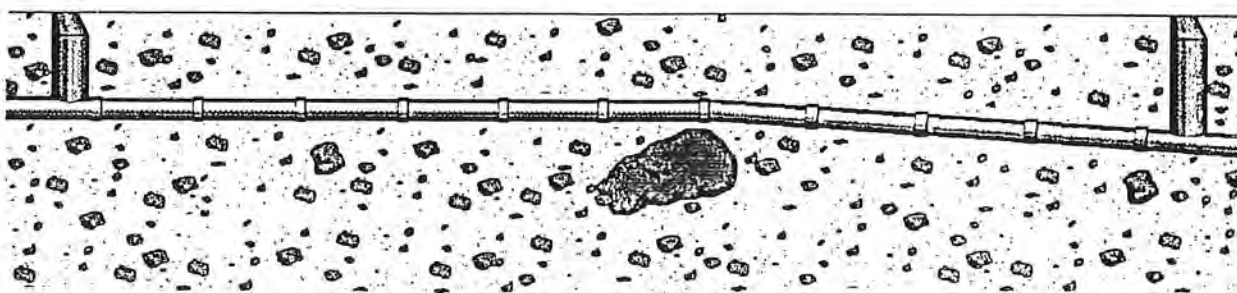
De krav som ställs vid profilmätning är att mätanordningen har en mätnoggrannhet som ej är sämre än ± 3 mm vid mätning under normala förhållanden. Dessutom skall mätanordningen vara typgodkänd av VAV och kunna kalibreras på mätplatsen.



### 3.2 Toleransklass inget mått på funktionsduglighet

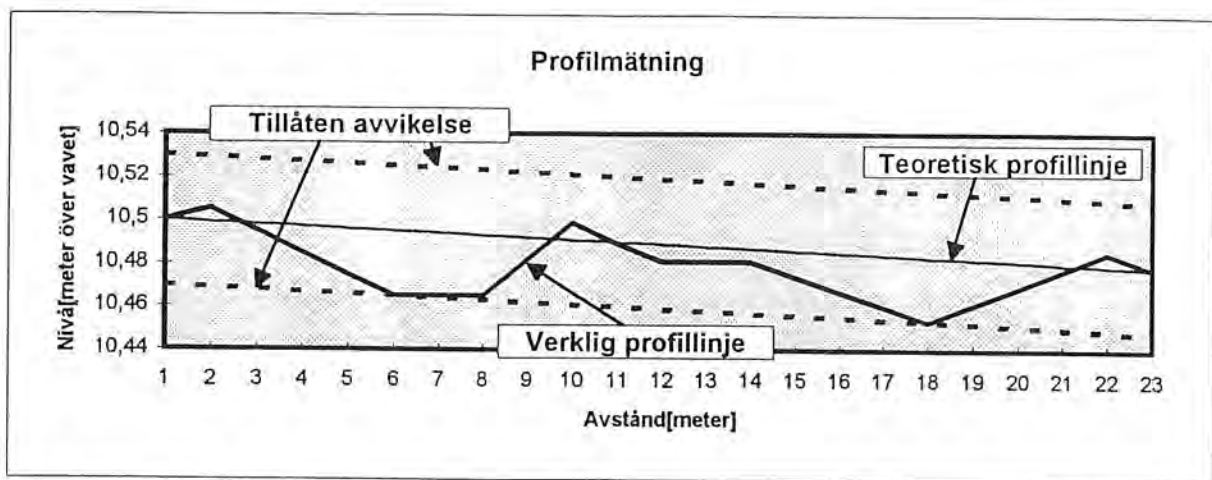
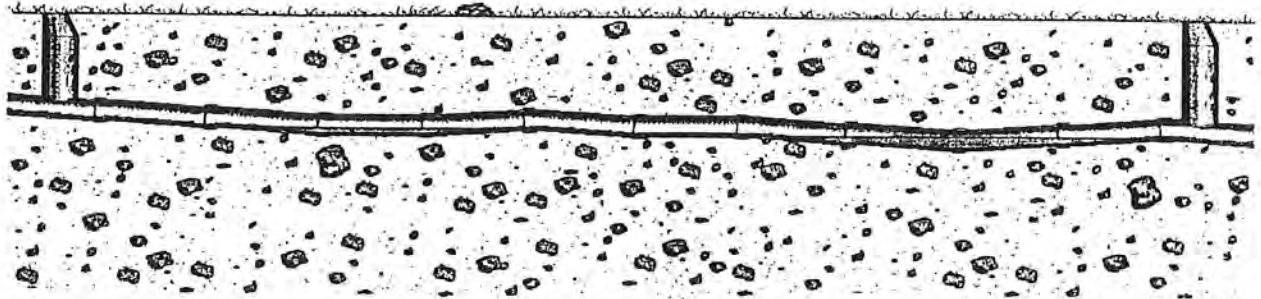
Toleransklassbedömning av en profilmätt avloppsledning ger en uppfattning om hur nära ledningen ligger den projekterade teoretiska profillinjen. Toleransklasserna är däremot inte något särskilt bra mått på hur pass funktionsduglig ledningen är.

Figuren nedan visar en ledning som lagts med en lägre lutning på den första halvan av sträckan och med en större lutning på den andra halvan av sträckan för att undvika en underliggande större sten. Om lutningen på både första och andra delen av ledningen uppfyller de krav som ställs på ledningen för att den skall vara självrensande så är ledningen fullt funktionsduglig. En toleransklassbedömning av ledningen visar däremot att ledningen inte uppfyller kraven eftersom den på stora delar av sträckan avviker från den teoretiska profillinjen.





Följande figur visar en ledning som på hela sträckan har klarat toleransklass A. Vad som inte framkommer av toleransklassbedömningen är att ledningen uppvisar ett antal svackor. Har ledningen dessutom en teoretisk proffillinje som ligger nära eller understiger lutningskraven för att ledningen skall vara självrensande så har ledningen nedsatt funktionsduglighet.



### 3.3 Behov av värderingsmetod för funktionsduglighet

Av exemplen i föregående avsnitt framgår att det vid bedömning av profilmätta avloppsledningar inte räcker att enbart ta reda på toleransklasser enligt VAV P50. Av större intresse är att försöka värdera ledningarnas förmåga att fylla sin hydrauliska funktion. I det följande presenteras en idé till en ny metod för värdering av funktionsdugligheten hos profilmätta avloppsledningar

## 4 Bedömning av funktionsduglighet

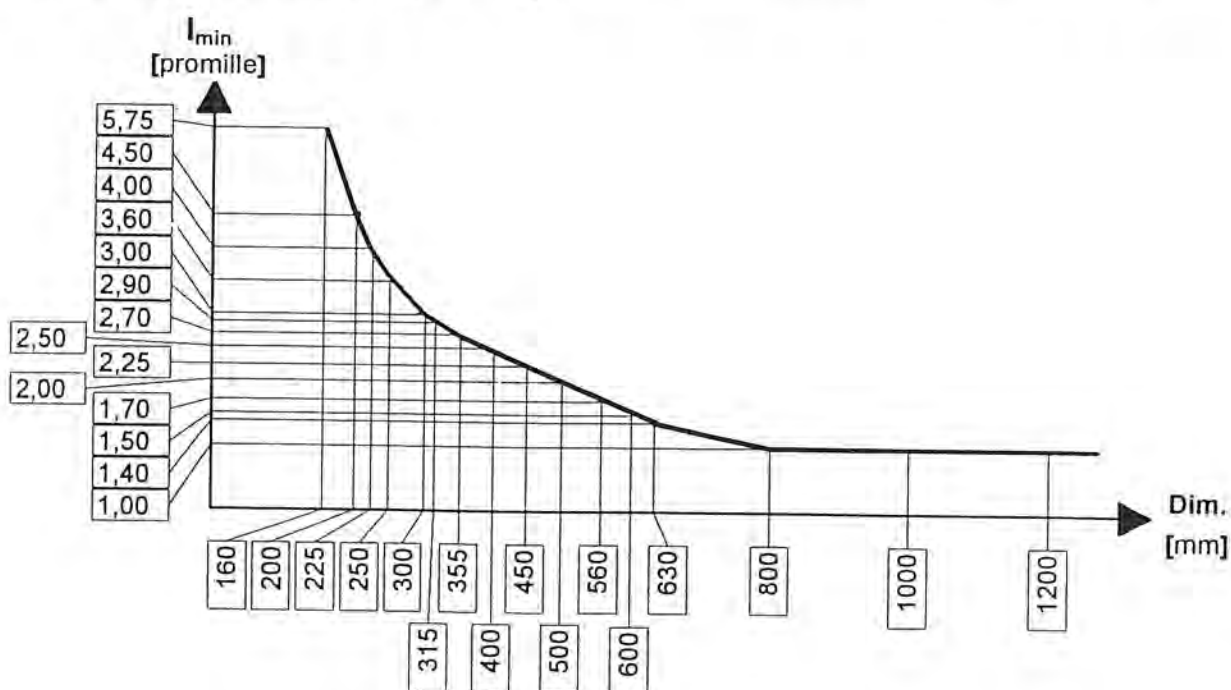
### 4.1 Allmänt

Som framgått av föregående kapitel ger toleransklassbedömningen inte någon bra bild av ledningens funktionsduglighet.

Vid bedömning av en lednings funktionsduglighet måste man försöka värdera i vilken utsträckning ledningen är självrensande. I det följande skall beskrivas en metod för detta som bygger på resultatet från profilmätning av ledningen.

### 4.2 Erforderlig lutning för att uppnå självrensning

En faktor av helt avgörande betydelse för en lednings funktionsduglighet är dess lutning. I nedanstående diagram visas vilken minsta tillräddliga lutning ( $I_{min}$ ) som ledningar av olika dimensioner måste ha för att klara kraven på självrensning enligt VAV P28, "Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar".



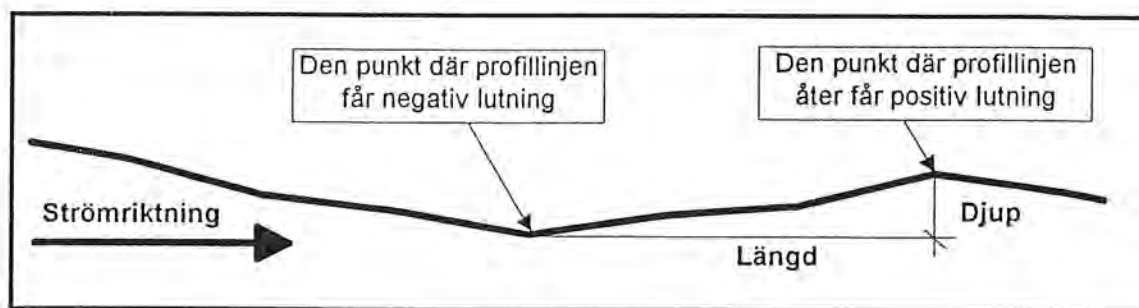
Det är uppenbart att funktionsdugligheten hos en ledning som har ett antal svackor minskar med minskande lutning. Är lutningen tillräckligt stor kan ledningen trots svackorna vara fullt funktionsduglig.

### 4.3 En svackas storlek

Storleken på förekommande svackor måste givetvis ha betydelse för ledningens funktionsduglighet. I denna studie har valts att definiera svackstorleken som produkten av dess längd och dess djup.

$$\text{Svackstorlek} = \text{Svacklängd[m]} * \text{Svackdjup[m]}$$

Med en svackas djup avses nivåskillnaden mellan svackans lägsta punkt, d.v.s. den punkt där profillinjen får negativ lutning, och svackans krön d.v.s. den punkt där profillinjen åter får positiv lutning. Med en svackas längd avses längden av den del av svackan som har negativ lutning. Se nedanstående figur.



## 4.4 Värdering av en lednings funktionsduglighet

Vid värdering av en lednings funktionsduglighet ( $F_{\text{ledning}}$ ) måste man ta hänsyn till storleken på förekommande svackor samt ledningens genomsnittliga lutning ( $I_{\text{med}}$ ). Följande uttryck används för att beräkna funktionsdugligheten.

$$F_{\text{ledning}} = (\sum \text{svackstorlek} * f_l) / \text{Ledningslängd [m]}$$

I ovanstående formel är  $f_l$  en korrektionsfaktor som uttrycker den negativa inverkan man får av minskande ledningslutning. Värdet på korrektionsfaktorn hämtas i följande tabell.

Ledningslutning	Korrektionsfaktor	Anmärkning
$I_{\text{med}} \geq I_{\text{min}}$	1,0	Självensande
$I_{\text{min}}/2 \leq I_{\text{med}} < I_{\text{min}}$	1,2	
$0 < I_{\text{med}} < I_{\text{min}}/2$	1,5	
$I_{\text{med}} \leq 0$	2,0	Bakfall

Ju större värde man får på funktionsdugligheten ( $F_{\text{ledning}}$ ) desto sämre är ledningen. Med stöd av de företagna testerna av metoden har gjorts en preliminär indelning av funktionsdugligheten i följande 4 funktionsklasser.

Funktionsduglighet ( $F_{\text{ledning}}$ )	Funktionsklass	Anmärkning
$< 0,004$	A	God funktionsduglighet
$0,004-0,015$	B	
$0,015-0,040$	C	
$\geq 0,040$	D	Mycket dålig funktionsduglighet

## 4.5 Värdering av enskilda svackor

Vid beräkning av funktionsdugligheten för en ledning sker division med ledningslängden. Detta innebär att man för långa ledningar med få svackor kan få en något skev bild av funktionsdugligheten. Man bör därför som komplement till beräkning av funktionsdugligheten för hela ledningen ( $F_{ledning}$ ) också göra en värdering av varje enskild svacka ( $F_{svacka}$ ). Detta sker med hjälp av följande formel.

$$F_{svacka} = Svackstorlek * f_l$$

Samma korrektionsfaktor används som vid beräkning av ledningens funktionsduglighet. Ju större värde man får på  $F_{svacka}$  desto allvarigare är svackan. Med stöd av de företagna testerna av metoden har gjorts en preliminär indelning av svackorna i följande fyra svackklasser.

$F_{svacka}$	Svackklass	Anmärkning
< 0,1	A	Liten svacka utan praktisk betydelse
0,1-0,3	B	
0,3-1,0	C	
$\geq 1,0$	D	Kraftig svacka av stor betydelse för funktionsdugligheten

## 4.6 Funktionsklassbedömning med hjälp av dator

De många beräkningsstegen vid funktionsklassbedömning gör metoden lämplig att utföras med datorns hjälp. De ingångsvärden som datorn behöver är ledningens dimension och längd samt aktuella mätdata från utförd profilmätning.

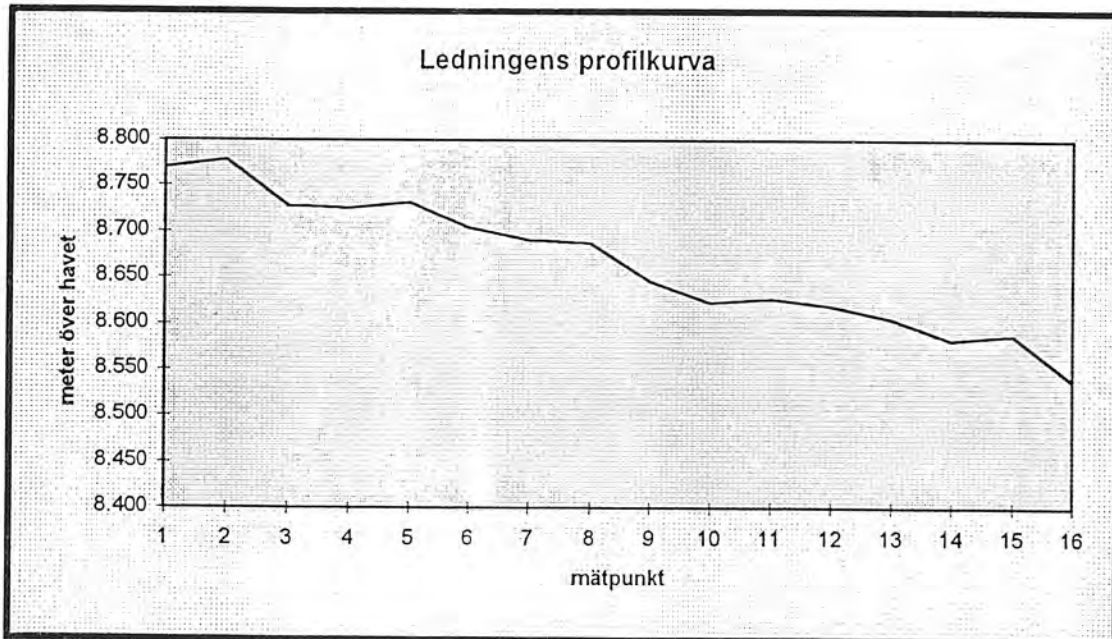
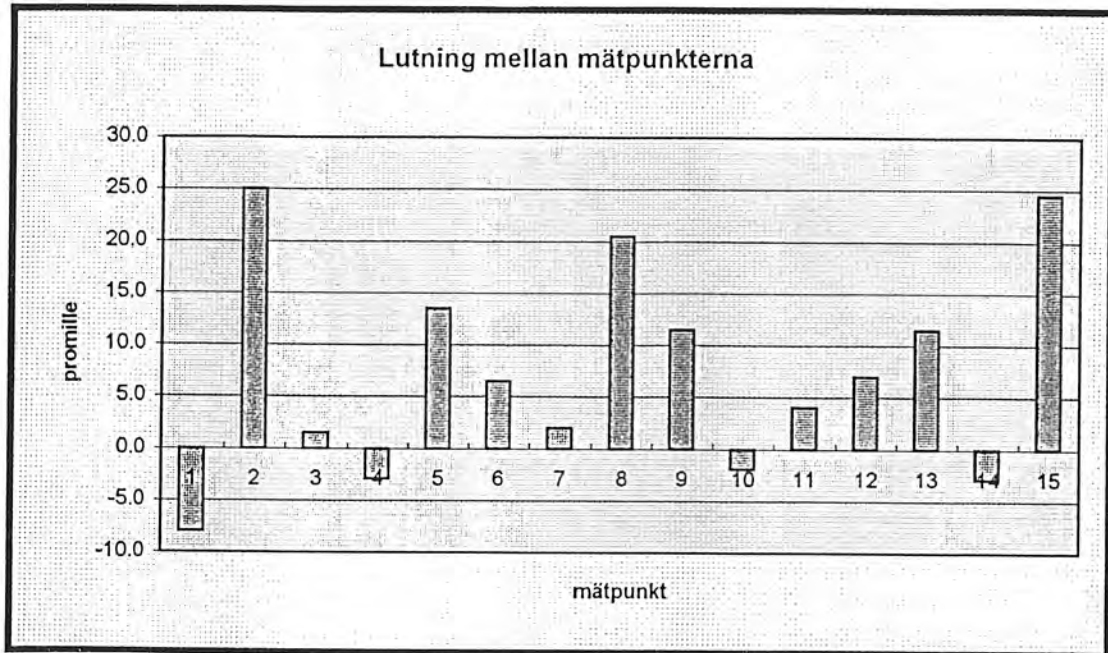
Figuren nedan och diagrammen på följande sida är ett exempel på utskrift från en datorbaserad funktionsklassbedömning. Programmet som använts i denna studie har utvecklats i Microsoft Excel 5.0 och beskrivs i en separat rapport.

Ledningssträcka: SNB4975-SNB4974		Dimension: 250	Material: PVC
Längd: 29		Ant.mätptk: 16	
Startnivå: 8,770		Slutnivå: 8,539	
$I_{\min}$ : 3,60	$I_{\text{med}}$ : 7,97	$F_{\text{ledning}}$ : 0,001	
Korrektionsfaktor $f_i$ : 1,0		Funktionsklass: A	

Pkt.	Längd [meter]	Nivå [meter]	Lutning [promille]	$F_{\text{svacka}}$	Svack- klass
1	0	8,770			
2	1	8,778	-8,0	0,01	A
3	3	8,728	25,0		
4	5	8,725	1,5		
5	7	8,731	-3,0	0,01	A
6	9	8,704	13,5		
7	11	8,691	6,5		
8	13	8,687	2,0		
9	15	8,646	20,5		
10	17	8,623	11,5		
11	19	8,627	-2,0	0,01	A
12	21	8,619	4,0		
13	23	8,605	7,0		
14	25	8,582	11,5		
15	27	8,588	-3,0	0,01	A
16	29	8,539	24,5		
<b>Summa:</b>				0,040	







## 5 Test av den föreslagna funktionsklassbedömningen

### 5.1 Underlagsmaterial

Det underlagsmaterial som använts vid test av den nya värderingsmetoden består av 15 profilmätta avloppsledningar med en sammanlagd längd av drygt 1000 meter. Med hänsyn till det relativt begränsade underlagsmaterialet måste de gränsvärden som anges i studien anses som preliminära. Tabellen nedan visar en sammanställning av karakteristiska data för de studerade ledningarna.

Ledn. [nr]	Längd [m]	Dimension [mm]	Material	Anläggningsår
1	86	400	Btg	1991
2	70	200	Pvc	1991
3	64	225	Btg	1991
4	52	400	Btg	1991
5	94	200	Pvc	1991
6	72	400	Btg	1991
7	48	450	Btg	1991
8	36	200	Pvc	1991
9	74	250	Pvc	1991
10	82	250	Pvc	1991
11	44	200	Pvc	1991
12	86	200	Pvc	1991
13	90	300	Btg	1991
14	44	250	Pvc	1991
15	58	300	Btg	1991

## 5.2 Jämförelse av toleransklass och funktionsklass

I tabellen nedan görs en jämförelse av toleransklass och funktionsklass för de 15 profilmätta ledningarna. Jämförelsen visar mycket tydligt på svårigheten att dra några slutsatser om ledningens funktionsduglighet bara utifrån toleransklasserna.

Ledn. [nr]	Längd [m]	Toleransklass			Funktionsklass
		A [m]	B [m]	C [m]	
1	86	82	4		A
2	70	66		4	A
3	64	62	2		B
4	52	48	2	2	C
5	94	76	10	8	C
6	72	18	18	36	C
7	48	10	2	36	C
8	36	20	2	14	C
9	74	56	12	6	C
10	82	66	12	4	A
11	44	14	8	22	A
12	86	40	8	38	B
13	90	86	2	2	B
14	44	44			A
15	58	56	2		A

### Ledning 1-4

Ledningarna uppvisar alla bra värden på toleransklass. Att ledning nr 3 och 4 visar dåliga värden på funktionsklass beror på att ledningens genomsnittliga lutning ligger långt under den för självrensning tillrädliga minimilutningen. Dessutom råder bakfall i nära hälften av mätpunkterna.

### Ledning 5-8

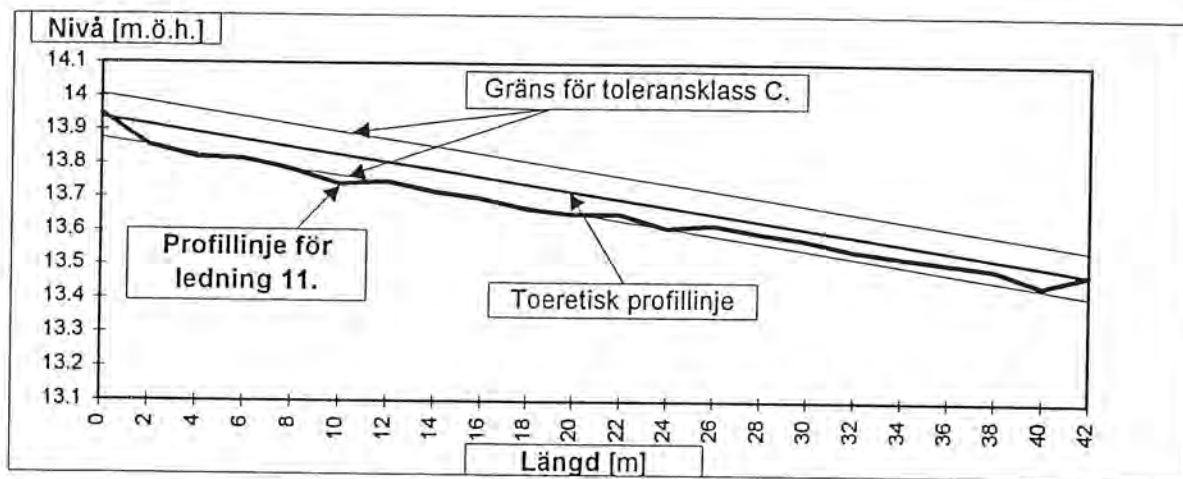
Ledningarna har alla ett flertal stora svackor. Sålunda uppvisar t ex ledning nr 5 en 8 meter lång och 161 mm djup svacka.

### Ledning 9 och 10

Ledningarna uppvisar nästan identiska värden på toleransklass. Orsaken till att ledning nr 9 får en mycket sämre funktionsklass än ledning nr 10 är att ledning nr 9 har för låg genomsnittlig lutning samt ett flertal större svackor.

### Ledning 11 och 12

Ledningarna uppvisar stora avvikelser från den projekterade profillinjen vilket ger dåliga värden på toleransklass. Ledningarna har bra genomsnittlig lutning och få svackor, särskilt ledning nr 11, och visar därmed bra värde på funktionsklass. Figuren nedan visar profilkurva för ledning nr 11.



### Ledning 13

En tredjedel av ledningens mätpunkter uppvisar bakfall.

### Ledning 14 och 15

Ledningarna har bra värde både på toleransklass och funktionsklass.

## 6 Avslutande kommentarer

I den företagna studien har visats att den normalt använda toleransklassbedömningen av profilmätta avloppsledningar har allvarliga begränsningar. Således säger toleransklasserna inte något alls om ledningarnas funktionsduglighet.

Som ett alternativ till toleransklassbedömningen presenteras i denna rapport en ny metod för värdering av profilmätta avloppsledningar, så kallad funktionsklassbedömning. Metoden utgår ifrån ledningslutningens och svackornas betydelse för ledningens självrensningsförmåga.

Innan metoden ges en mer allmän spridning bör siffrvärdena på de ingående koefficienterna och klassgränserna bli föremål för ytterligare studier.