

Avleiring i og spyling av avløpsleidningar

Av Arve Berg

Arve Berg er siv.ing. frå NTH og er tilsett som forskar ved Norges Hydrodynamiske Laboratorier, Divisjon Vassdrags- og havnelaboratoriet.

Innleiing

I avløpsleidningar med lite fall kan det vere vanskeleg å oppnå sjølvrensing. I fellessystem blir avleira materiale rive laus i kraftig regnver. Viss det er overløp på leidningen, kan då store mengder organisk stoff og næringssalt gå direkte ut i elver og bekkar. Berekingar utført av NIVA viser at så mykje som 20—50% av årsproduksjonen av suspendert stoff i spillvatnet kan gå tapt i overløp. Tilsvarende tal for fosfor er 5—15%. Utspyling av røyraavlagingar under regnver fører også til både forurensningsmessig og hydraulisk sjokkbelastning i renseanlegga.

I spillvassleidningar i separatsystem i flate område er det også vanskeleg å få til sjølvrensing. Spesielt gjeld dette når det er få tilknytta personar. For å oppnå tilstrekkeleg fall blir ofte grøftene djupe (og dyre), og det må byggast pumpestasjonar. I verste fall fører røyraavlagingane til tilstopping av leidningen.

Sedimentering i leidningar

Avløpsvatn inneheld stoff som blir avleira i leidningane i periodar med lita vassføring. Om det skjer sedimentering eller erosjon i leidningen ved ei gitt vassføring, kan vurderast ved skjærspenningskriteriar. Skjærspenninga mellom vatn og botnen av leidningen er eit mål for vatnet

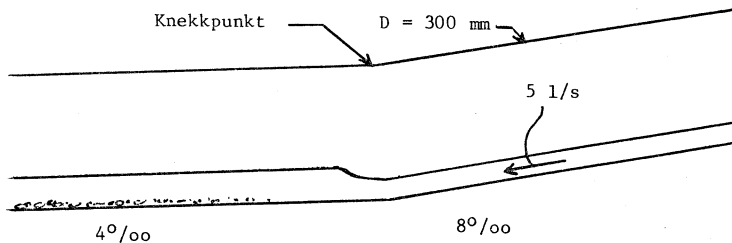
si evne til å transportere partiklar langs leidningsbotnen. Skjærspenninga langs botnen kan finnast på to måtar. Ein metode er vist i PRA-9 /6/, ein annan i SFT TA550 /4/. Den første metoden gjev litt høgare (gunstigare) skjærspenningsverdiar enn den andre.

Den mest kritiske faktoren for sedimentering/erosjon er vanlegvis fallet til leidningen eller meir presist fallet på lokale parti av leidningen.

Svankar fører til at parti av ein leidning får fall som er mindre enn dimensjonert. I verste fall kan det endå til vere motfall. Dei partia som har minst fall, treng ikkje vere sjølvrensande sjølv om gjennomsnittsfallet til leidningen er tilstrekkeleg for sjølvrensing. Det blir derfor avsett materiale i svankane, jfr. figur 1.

Statens forurensningstilsyn har gitt ut toleransekrav til leidningar /3/. I rettleiinga er det stillt strenge krav til leidningsarbeidet. Eit anlegg som har vore i drift ei tid, vil vanskeleg kunne tilfredsstille dei strenge krava til fall. I praksis vil ingen leidningar få heilt jamnt fall, men det vil bli større og mindre svankar. Svanklengdene varierar mykje. Lengdene har samanheng med grunnforhold, røyrlengde og byggeteknikk. Som eksempel kan nemnast ein 200 mm spillvassleidning av betong på Heimdalsmyra i Trondheim

Prosjekttert fall: I = 6°/100
 Skjærspenning : $\tau_{maks} = 2,0 \text{ N/m}^2$



$Q_{full} \approx 66 \text{ l/s}$
 $\tau_{maks} = 1,5 \text{ N/m}^2$

$Q_{full} \approx 92 \text{ l/s}$
 $\tau_{maks} = 2,5 \text{ N/m}^2$

Figur 1. Endring av skjærspenning i ein svanke.

som vart undersøkt med TV-kamera. Svankelengdene varierte frå 3 m til 17 m, og den vanlege verdig for dette anlegget var ca. 10 m.

For sjølvrensande leidningar, dvs. når borttransporten skjer ved hjelp av den naturlege vassføringa, tilrår SFT at den kritiske skjærspenninga blir overgått minimum 1 gang pr. døgn /4/.

Fjerning av røyrvassetningane

Avleiringane i leidningane må transporterast bort med jamne mellomrom. I separatsystem er dette nødvendig for å unngå tilstopping av leidningen, mens det i fellesystem er nødvendig for å unngå at avsetningane blir spylt ut i elver og bekker via overløp under kraftige regnskurar. Avsetningane kan transporterast bort på to måtar:

- Ved at den naturlege vassføringa i periodar blir så stor at skjærspenninga blir tilstrekkeleg til å fjerne avsetningane.
- Ved at tilstrekkeleg stor skjærspenning blir skapt ved kunstig spyling.

Disponibel vassføring for naturleg sjølvrensing

Vassføringa varierar sterkt i ein avløpsleidning, spesielt når det er få tilknytta personar. Det vil vere variasjonar frå minutt til minutt. Når det er forholdsviss få tilknytta personar, vil dei kortvarie periodane med stor vassføring spele ei viktig rolle for sjølvrensinga fordi dei verkar som spylebølgjer. Når det blir mange nok små spylebølgjer i løpet av eit døgn, vil dei effektivt forhindre oppbygging av avsetningar.

Vassføringa i ein avløpsleidning er avhengig av intensiteten av avløpet frå dei

enkelte husinstallasjonane og avhengig av kor mange installasjonar som er i bruk på same tidspunkt. Dette er tema for eit forskningsprosjekt som for tida pågår ved VHL.

Målingar og statistiske berekningar så langt viser at dei verkelege vassføringane som er til disposisjon for sjølvrensing, er større enn det som framgår av gjeldande retningslinjer. Vi håper å kunne avklare dette forholdet nærare gjennom det pågåande forskningsarbeidet.

Viss konklusjonen ovanfor viser seg å vere riktig, vil det med god kvalitet på anleggsarbeidet vere forsvareleg å legge leidningar med mindre fall enn det som er vanleg i dag. I flate område vil dette gje grunnare grøfter og redusere behovet for pumpestasjonar. I begge tilfelle kan store kostnader sparast.

Kunstig spyling

Viss den naturlege vassføringa i ein avløpsleidning er for lita for sjølvrensing, kan vassføringa gjerast tilstrekkeleg stor ved kunstig spyling. Dette kan vere:

- Eit effektivt driftstiltak for problematiske eksisterande leidningar.
- Eit bevisst element under planlegging av nye leidningar i flate område.

Ved NIVA og Vassdrags- og havnelaboratoriet er det gjennomført eit forskningsprosjekt for NTNFs VAR-utval der ulike sider i samband med spyling av avløpsleidningar er vurdert.

Bølgjeforplantning

Under spyling forplantar vatnet seg som ei bølge gjennom leidningen. Slike spylebølgjer blir svekka utover i leidningen. Varigheita og lengda for bølgja aukar

samstundes som vassføringa minkar. Dermed minkar også skjærspenninga mellom vatnet og avsetningane, og spyleeffekten blir redusert. For å kompensere for aukande bølgjesvekking må spylevassmengda aukast, dvs. spyletida må aukast. Det er funne at bølgjesvekkinga aukar med:

- minkande fall,
- aukande spyleintensitet,
- aukande avstand frå utsleppspunktet,
- aukande størrelse på svankar i leidninga, (aukande avvik i fallet).

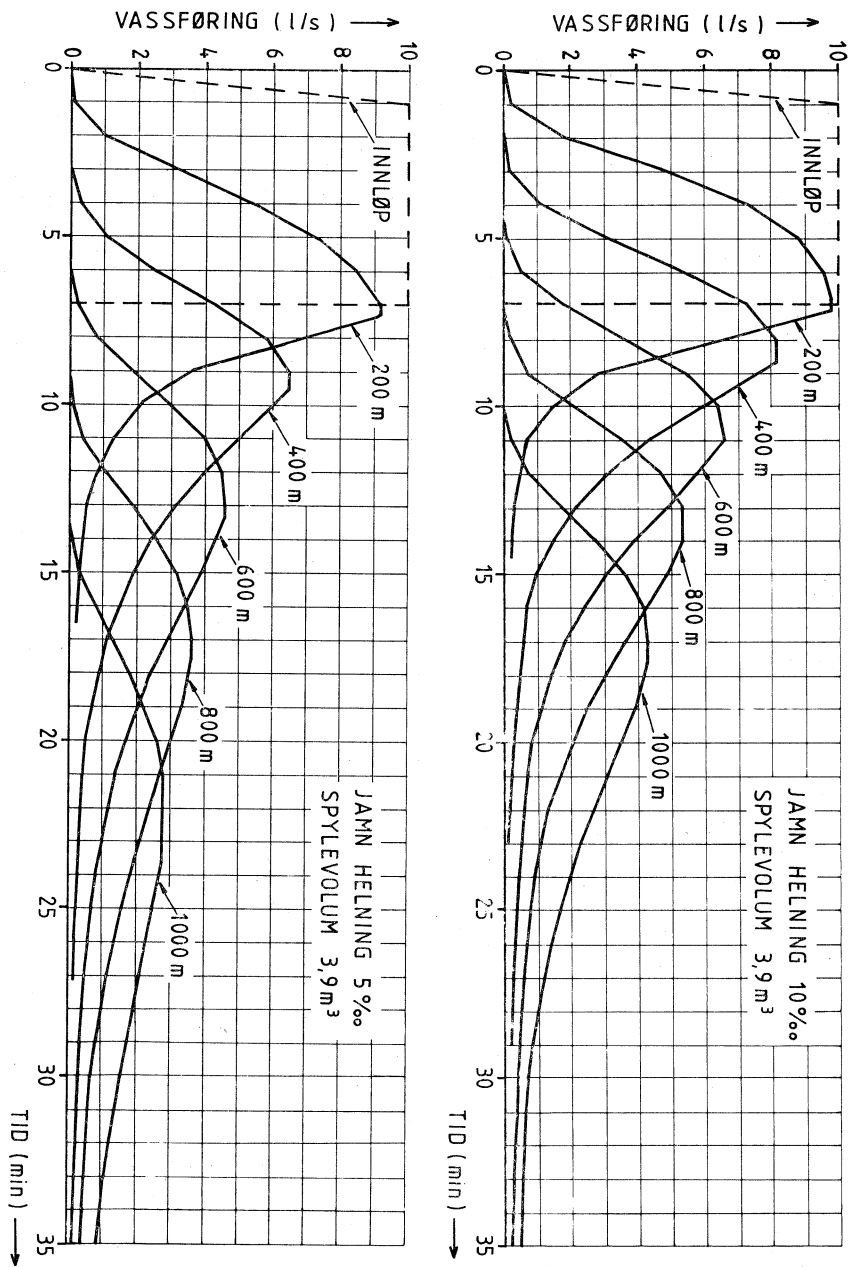
Innverknaden av lengde, fall og vassvolum er undersøkt både i ein laboratoriemodell og ved hjelp av EDB-berekningar /1, 2/. Tendensen er den same for begge.

Figur 2 viser resultatet av EDB-berekningar for ein 200 mm plastleidning med indre diameter 188 mm ved eit spylevolum lik 3,9 m³ og intensitet 10 l/s. Det er gjort berekningar med både 10⁰/₀₀ og 5⁰/₀₀ fall. Av figuren kan vi sjå at bølgjeforma etter 400 m ved 5⁰/₀₀ helning er tilnærma lik bølgjeforma etter 600 m ved 10⁰/₀₀.

I praksis betyr dette at det må brukast større spylevolum ved 5⁰/₀₀ fall enn ved 10⁰/₀₀ fall for å oppnå same spyleeffekten.

Svekkinga av bølgiene som funksjon av lengda er sterkt avhengig av spylevolumet. For at lausrivne avsetningar ikkje skal falle ut mot slutten av leidningen, må det brukast så stor vassmengde at den maksimale skjærspenninga i bølgja ved utløpet av leidningen tilfredsstillar kravet, jfr. tabell 1.1.

Det er utført berekningar som viser kor lenge det må spylast med intensitet 10 l/s for at den maksimalintensiteten ved utløpet av leidningen skal bli 10 l/s /2/. Ved 10⁰/₀₀ fall må det spylast så lenge at vassvolumet tilsvarar 40% av rørvolumet på



Figur 2. Bølgefjorplantning i 200 mm plastledning ($D_i = 188$ mm) med jamnt fall.

strekninga. Ved 5⁰/₀₀ fall må spylevolumet aukast til 60% av rørvolumet for at den maksimale vassføringa i utløpet skal vere lik spyleintensiteten, dvs. 10 l/s. Dette har samband med at ei spylevassføring lik 10 l/s vil gje større delfylling i eit røyr med 5⁰/₀₀ fall enn i eit røyr med 10⁰/₀₀ fall. Altså må ein større del av rørvolumet fyllast opp og bølga blir sterkare svekka. Tala ovanfor gjeld for 200 mm røyr.

Innverknad av svankar

Svekkinga av bølga i ein leidning med svankar er større enn i ein leidning med jamnt fall. Fig. 3 viser berekningar utført for ein 200 m leidning med gjennomsnittleg fall 10⁰/₀₀ og 5⁰/₀₀ og spylevolum 3,9 m³. Vi ser t.d. at bølgeforplantinga i ein leidning med gjennomsnittleg fall på 10⁰/₀₀ og svankar ± 8⁰/₀₀ (18⁰/₀₀ — 2⁰/₀₀ — 18⁰/₀₀ osv.) er omtrent lik bølgeforplantinga i ein leidning med jamnt fall på 5⁰/₀₀.

I praksis betyr dette at det må brukast meir vatn for å oppnå same maksimale vassføring i slutten av leidningen når leidningen har mykje svankar enn når leidningen har jamnt fall.

Innverknaden på skjærspenninga er enda meir markert. I tillegg til at den maksimale vassføringa blir redusert, blir skjærspenninga på delar av leidningen også mindre fordi fallet på delar av leidningen er mindre, jfr. fig. 1. Resultatet er at det må brukast mykje meir vatn for å oppnå same spyleeffekten i ein leidning med jamt fall.

Separasjonseffektar

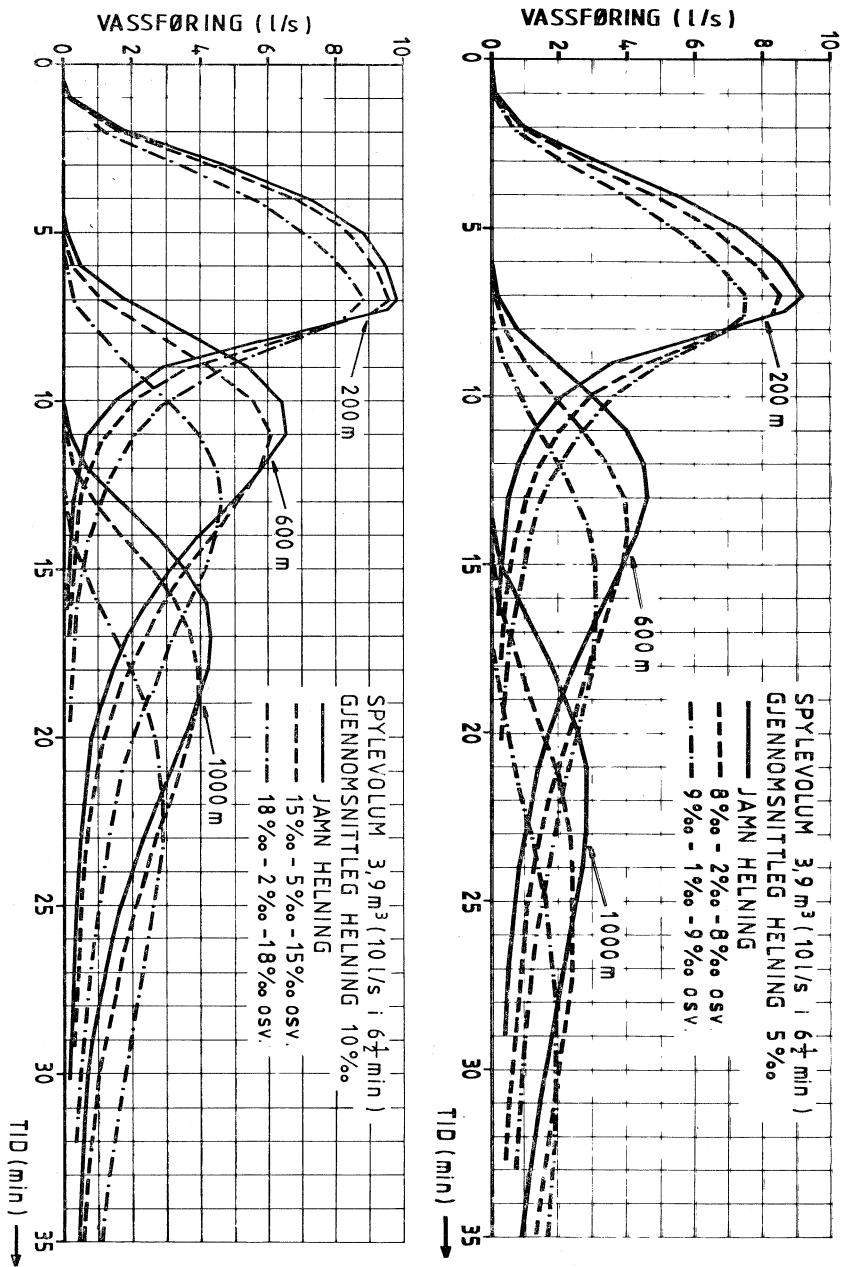
Under spyling oppstår det separasjonseffektar. Med det meiner vi at små og lette partiklar blir utspylt, mens store og

tunge partiklar blir liggande igjen. Teoretisk kan dette forklarast ved at det trengs større skjærspenning for å rive laus tunge enn lette partiklar. Når gradert materiale med både lette og tunge fraksjonar blir virvla opp, vil dessutan tunge og store partiklar lettare falle ut der straumforholda er rolegare. Desse teoretiske vurderingane er bekrefte ved forsøk og målingar.

Målingar under regnver viser at forholdet mellom konsentrasjonen av lette partiklar (organisk stoff og næringssalt) og konsentrasjonen av tyngre partiklar (uorganisk stoff som sand) er mykje større i starten av eit regnver enn mot slutten av regnveret. Målingane viser også at ein dei organisk stoff og næringssalt er fastare bundne til sanden.

Det er også utført feltforsøk med spyling i USA. Skrapeprøver av botnsediment i røyra før og etter spyling viste at dei organiske avsetningane vart fjerna under spylinga, mens sand og grus vart liggande igjen. Kornfordelingsanalyse av skrapeprøvene viste at etter spyling var ca. 80% av det faste stoffet i leidningane grovare enn finsand (0,2 mm). Spyleforsøk med tre etterfølgjande bølger viste at den første bølga fjerna knapt 80% av det totalt utspylte organiske materialet på ein 201 m lang strekning, mens den berre fjerna vel 50% av den totale mengda utspylt uorganisk stoff.

Dette skulle gje håp om at forurensingstransporten kan kontrollerast med mykje mindre vassmengder enn det som trengst for å fjerne sand. *Målet med spylinga blir i så fall ikkje å fjerne alle av setningar, men å vaske sanden fri for forurensningar.*



Figur 3. Bølgefjorplantning i 200 mm plastleidning ($D_i = 188$ m) med og utan svankar.

Val av spylehyppigheit

Spyling kan brukast i fleire samanhen- gar både i separate og kombinerte avløps- system. Når spylehyppigheita skal velgast, er det viktig å ha klart for seg kva som er målet med spylinga. Følgjande mål kan vere aktuelle:

- unngå kloakkstopp,
- sikre kapasiteten,
- redusere forurensningstapet i overløp,
- jamnare belastning av reinseanlegg.

Dei ulike måla representerar ulike am- bisjonsnivå eller ulike spylehyppigheiter. For å unngå kloakkstopp kan d.t. vere tilstrekkeleg å spyle 1—2 gonger pr. år.

Spyling for å sikre kapasiteten er mest aktuelt for fellessystem. Slik spyling kan vere med på å redusere hyppigheita for overløp og oppstuvningar. Også i slike tilfelle kan det vere tilstrekkeleg med få spylingar pr. år.

Når det derimot gjeld å redusere for- urensingstapet i overløp, er det snakk om mykje hyppigare spylingar. Det må takast utgangspunkt i overløpsinnstillinga eller rettare sagt hyppigheita for overløp. Det må spylast oftare enn det går vatn i overløp.

Oppbygginga av røyrvlagringar skjer raskast like etter ein kraftig regnskur eller ei spyling. Dette skjer fordi dei plassane som avsetningane lettast legg seg, dvs. svankar o.l., er fri for avsetningar. For å vere sikra «fullstendig» forurensnings- kontroll må det difor spylast kvar dag eller annankvar dag.

Utspyling av røyrvlagringar frå felles- system under regnver fører ofte til for- urensningsmessig sjokkbelastning i rense-

anlegga, samstundes som renseanlegga også har stor hydraulisk belastning. Dette fører til dårleg rensing, spesielt i anlegg med kapasitetsproblem. Slike sjokkbelas- ningar oppstår også under regnskurar som ikkje fører til overløp. Spyling kan dermed også redusere forurensingsutsleppet frå renseanlegg.

Nødvendig spyleintensitet

Vi foreslår at etterfølgjande dimensjo- neringsprosedyre blir brukt inntil vidare. Når det førelegg betre driftserfaringar med automatiske spylearrangement, kan det vere aktuelt å justere ein del av para- metrane.

Spyleintensiteten må vere så stor at par- tiklane i røyret rører seg. Det vil sann- synlegvis vere unødvendig å spyle ut alle avsetningar inkludert sand. Spesielt gjeld dette ved hyppige spylingar. Målet med spylinga bør heller vere å vaske foruren- singane ut av sanden. Under slik spyling vil også ein del sand bli spylt ut. Hyppige spylingar hindrar såleis også at det bygger seg opp større sandmengder i røyra. Skjær- spenninga som oppstår mellom vatnet og partiklane, må vere så stor at sanden flyt- tar seg. Kornstørrelsen og mengda av sand og grus i leidningen bestemmer kor stor skjærspenninga bør vere. Det er i så måte ein vesentleg skilnad mellom separatsystem og fellessystem.

Mengda av sand og grus i leidningen er avhengig av kor ofte det skal spylast. Ved hyppige spylingar vil mengda av sand og grus vere liten, og skjærspenninga treng ikkje å vere så stor som ved skjeld- nare spylingar. Inntil vidare foreslår vi at minimumsverdiane i tabell 1 blir lagt til grunn.

Tabell 1.

Forslag til nødvendig skjærspenning under spyling.

SEPARATE SPILLVASSLEIDNINGAR

Spyling oftare enn 1 gang pr. veke	2 N/m ²
Spyling sjeldnare enn 1 gang pr. veke	3 N/m ²

FELLESLEIDNINGAR

Spyling 1 gang pr. døgn eller oftare	2 N/m ² *
Spyling sjeldnare enn 1 gang pr. døgn, men oftare enn 1 gang pr. veke	3 N/m ²
Spyling sjeldnare enn 1 gang pr. veke	4 N/m ²

* Forutsetninga for å bruke denne verdien er at leidningen er gjort «rein» før det automatiserte spylearrangementet blir sett i drift.

Når nødvendig skjærspenning er fastlagt, og det gjennomsnittlege fallet på leidningen er kjent, kan spyleintensiteten finnast frå diagram utgitt av SFT /4/. Eksempel på eit slikt diagram er vist i fig. 4.

Nødvendig spyleintensitet ved store svankar

I verdiane som er oppgitt i tabell 1, er det teke eit visst omsyn til svankar. Viss svankane er ekstra store, må det brukast større spyleintensitet. I staden for gjennomsnittleg fall kan ein då ta utgangspunkt i det verkelege fallet på den leidningsstrek-

ningen som har minst fall og kreve at skjærspenninga skal overgå 1—2 N/m², alt etter type system og hyppighet for spylinga. Det er spesielt dei lange svankane (> 10 m) som bør vurderast. Korte svankar (< 5 m) har ikkje så stor innverknad. Grunnen er at det trengs ei viss lengde før farten til vatnet blir redusert så mykje at friksjonstapet pr. lengdeining av røyret er lik fallet.

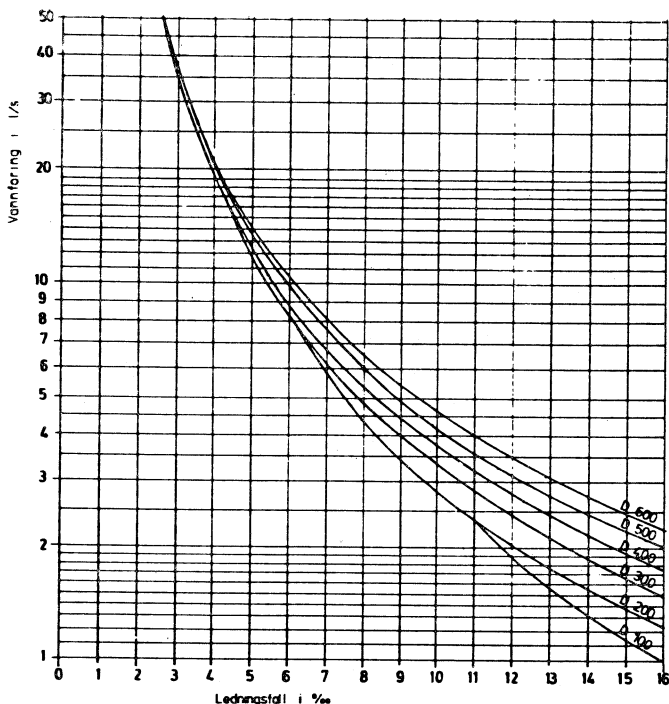
Nødvendig vassvolum, spylevarighet

Når spyleintensiteten er funnen, bør vassvolumet gjerast så stort at spylebølga er effektiv på heile den aktuelle leidningsstrekningen. Viss det blir brukt for lite vassvolum, kan det i verste fall hope seg opp sand i slutten av leidningen. Vassmengda må vere så stor at skjærspenninga i slutten av leidningen også oppfyller kravet.

Det nødvendige vassvolumet bør finnast ved hjelp av eit avløpsprogram (EDB) som bereknar bølgiesvekkinga. Viss NIVANETT blir brukt, bør det brukast tidssteg 1 minutt og lengdesteg 50—100 m. Ved lite fall (under 5⁰/₁₀₀) kan resultatet bli unøyaktig fordi forutsetningane for programmet ikkje er heilt oppfylt. I ei slik berekning av bølgefôrplantinga må det også takast omsyn til svankar.

Som eksempel viser vi maksimal skjærspenning i spylebølga utover i ein 200 mm plastleidning (D_T = 188 mm) ved spyling med intensitet 10 l/s og ulike spylevolum, jfr. fig. 5. Det er vist kurver både for 10⁰/₁₀₀ og 5⁰/₁₀₀ fall.

Dimensjoneringsgrunnlaget er for spylearrangement usikkert. Den mest realistiske måten å skaffe betre data på, er å undersøke anlegg som er eller blir sett i drift. Når eit automatisk spyleanlegg har vore



Figur 4.

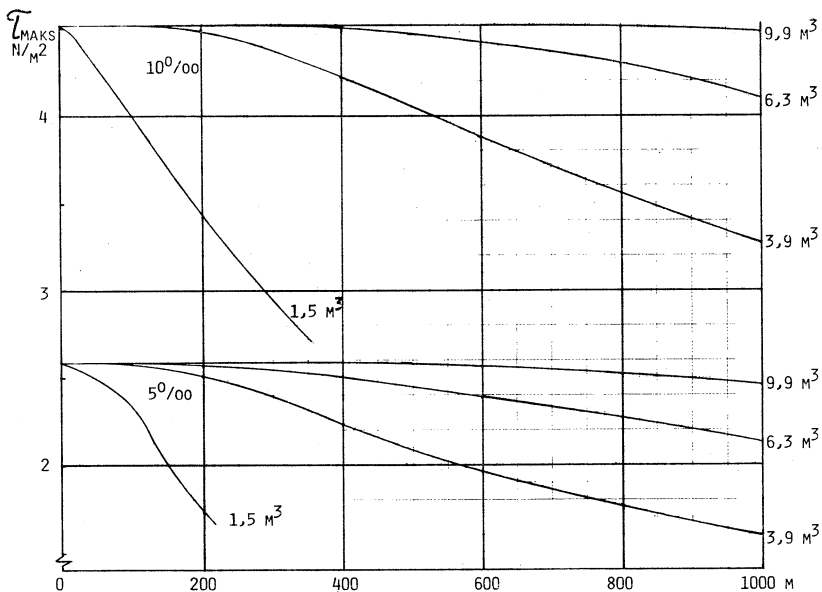
Nødvendig spyleintensitet for å oppnå skjærspenning lik 3 N/m² /4/.

i drift ei tid, bør avløpsledningen undersøkt med TV-kamera for å finne ut korleis anlegget verkar.

I ein rapport utarbeidd ved VHL /2/ er det vist korleis spylearrangement kan utformast, og det er gitt kostnadsoverslag.

LITTERATURLISTE

- /1/ Berg, A. «Spyling av avløpsledningar med sjølvrensingsproblem (rapport fase 1) VHL-rapport SFT 60 A83027 (prosjektnummer 603157), mars 1983.
- /2/ Berg, A., «Spyling av avløpsledningar med sjølvrensingsproblem» (rapport fase 2) VHL-rapport STF 60 A84010 (prosjektnummer 603157), jan. 1984.
- /3/ Statens Forurensningstilsyn «Veiledning ved bygging av ledningsanlegg for avløpsvann» TA-570, Oslo nov. 1982.
- /4/ Statens Forurensningstilsyn «Veiledning ved dimensjonering av avløpsledningar» TA-550, Oslo juni 1979.



Figur 5. Maksimal skjærspenning ved spyling med 10 l/s i ein 200 mm plastleidning. ($D_i = 188$ mm).

- /5/ Pisano, Aronsen, Qüeiroz, Blanc & O'Shaughnessy «Dry-Weather Deposition and Flushing for Combined Sewer Overflow Pollution Control» United State Environmental Protection Agency Report No. EPA-60/2-79-133. Cincinnati O. H. Aug. 1979.
- /6/ Lysne, D. K., «Selvrensing av avløpsrør» PRA-rapport nr. 9, ISBN 82—90180—09—8. Oslo, mars 1976.